Über schutzbauten zur erhaltung der Ostund Nordfriesisch...

Johann Fülscher


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

ÜBER SCHUTZBAUTEN

ZUR

ERHALTUNG

DER

OST- UND NORDFRIESISCHEN INSELN

VON

FÜLSCHER, Johann
GEHEIMEM OBERBAURAT IN BERLIN

MIT 26 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 4 TAFELN



BERLIN 1905
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN



Sonderdruck aus der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1905.

Inhalt.

Die bisher ausgeführten Werke und ihre Kosten.

In der letzten Hälfte des verflossenen Jahrhunderts ist zur Erhaltung der beiden Inselreihen an der deutschen Nordseeküste, der ostfriesischen zwischen der Ems- und Jademündung und der nordfriesischen an der Schleswig-Holsteinischen Westküste eine große Zahl von Schutzwerken ausgeführt worden, deren Bau eine Ausgabe von vielen Millionen Mark erfordert hat und für deren Unterhaltung alljährlich beträchtliche Geldmittel aufgewendet werden müssen. Bei den meisten der Inseln sind alle diese Kosten zum vollen Betrage auf die Staatskasse übernommen worden. Eine Ausnahme hiervon machen die bedeichten Marschinseln Pellworm und Nordstrand und die beiden Deichverbände der Insel Föhr, wo ebenso wie in den Marschen des Schleswig-Holsteinischen Festlandes nicht nur die Deiche, sondern auch die zu deren Schutz erforderlichen Uferwerke herkömmlich auf Kosten der Interessenten hergestellt und unterhalten werden. Hier ist der Staat nur in einzelnen besonderen Fällen mit Beihilfen eingetreten, wenn die Leistungsfähigkeit der Verbände zur Ausführung notwendiger und dringlicher Arbeiten nachweislich nicht ausreichte.

Von den ostfriesischen Inseln sind es hauptsächlich Borkum, Norderney, Baltrum, Spiekeroog und Wangeroog, von den nordfriesischen Sylt und Helgoland, zu deren Schutz größere und meist recht kostspielige Werke zur Ausführung gekommen sind. Mit den ersten Bauten der Art scheint, soweit Nachrichten darüber veröffentlicht worden sind, an der oldenburgischen Insel Wangeroog vorgegangen zu sein. Hier wurde schon um das Jahr 1783 der Versuch gemacht, einen Dünendurchbruch durch künstliche Arbeiten wieder zu schließen und in den 50 Jahren vor 1866 wurden, um den alten Leuchtturm und das an der Westspitze der Insel gelegene Dorf gegen den Wellenangriff zu schützen, Schlengen,

Faschinenpackwerke und Steinböschungen angelegt. Auf Norderney wurde mit der Anlage von Dünenschutzwerken im Jahre 1857 und mit dem Bau von Buhnen zum Schutz des Strandes im Jahre 1861 der Anfang gemacht. Bei der Sturmflut in der Silvesternacht 1854/55 waren die Dünen an der West- und Nordwestseite der Insel in einer Breite von mehr als 20 m weggerissen; deshalb wurde an dieser Stelle zunächst ein Dünenschutzwerk gebaut. Als dann durch Messungen festgestellt war, daß in den Jahren 1857/59 eine bedeutende Abnahme des Strandes und des Seegrundes vor dem Schutzwerk stattgefunden hatte, wurde in den Jahren 1861/63 eine Anzahl Buhnen dort angelegt. Auf Borkum wurde erst im Jahr 1869 mit dem Bau von Schutzwerken begonnen. Dort versuchte man zunächst den Dünenfuß lediglich durch Buhnen zu schützen, und erst nachdem bei den Herbststürmen 1873 die Erfahrung gemacht worden war, daß die Buhnen schon bei einer mäßig hohen Flut hinterspült waren und einen starken Abbruch der Dünen nicht zu verhindern vermocht hatten, wurde nach dem Vorgange auf Norderney eine unmittelbare Befestigung des Dünenfußes ins Auge gefaßt. Mit der Anlage von Strand- und Dünenschutzwerken auf Baltrum und Spiekeroog, sowie von Buhnen zum Schutz der Westküste der Insel Sylt wurde ungefähr gleichzeitig, um das Jahr 1870, der Anfang gemacht. Bei Helgoland wurde in den Jahren 1896 bis 1900 eine Reihe von Schutzwerken zur dauernden Erhaltung und Vergrößerung der Düneninsel auf Staatskosten hergestellt, nachdem die Sturmfluten 1894/95 einen großen Teil der Düne zerstört und weggeschwemmt hatten. Vor 1896 hatte die Gemeinde Helgoland die Arbeiten zum Schutz der Düne auf eigene Kosten bewerkstelligt.

Bei sämtlichen der vorerwähnten Inseln haben die zuerst erbauten Schutzwerke sich mit wenigen Ausnahmen als unzureichend erwiesen. Großenteils waren sie nach ihrer Bauart nicht widerstandsfähig genug, um die Angriffe des Wellenschlages und der Strömung aushalten zu können, und es ergab sich deshalb bei einigen schon bald nach ihrer

Vollendnng, bei anderen erst nach mehrjährigen Erfahrungen die Notwendigkeit, sie vollständig umzubauen oder zu verstärken. Andernteils mnßten sie, nm ihren Zweck zu erfüllen, über weitere Uferstrecken ausgedehnt werden, als bei ihrer ersten Anlage vorgesehen war.

Welche Kosten — in runden Zahlen angegeben — für die zum Schutz der preußischen Inseln Borkum, Norderney, Baltrum, Spiekeroog, Sylt und Helgoland bisher ausgeführten Neu-, Um- und Verstärkungsbauten erwachsen sind, ergibt sich aus der nachfolgenden Zusammenstellung:

a) Borkum.

1. Für die in den Jahren 1869/73 ausgeführten fünf Strandbuhnen und eine Hilfsbuhne .	308000 ℳ
2. Für die in den Jahren 1874/77 hergestellten Dünenschutzwerke	
530 m Steindamm mit Pfahlwand . .	195000 „
775 m Klinkermauerwerk	166000 „
nebst zwei Strand- und zwei Hilfsbuhnen	77000 „
3. Für Ergänzungsbauten an den beschädigten Schutzwerken und Buhnen (1878) . . .	106000 „
und für Verlängerung des Schutzwerkes .	19000 „
4. Für die in den Jahren 1879/80 ausgeführte Verlängerung der Schntzmauer und Ban einer neuen Buhne	81000 „
Verlängerung und Verstärkung alter Buhnen	101000 „
5. Für Bauten in den Jahren 1881/88: Erbanung von Hilfsbuhnen, Verstärkung von Buhnen, Neuban eingestürzter Mauerstrecken, Erhöhung und Verstärkung zu niedriger und zu schmaler Mauerteile .	405000 „
6. In den Jahren 1889/94 ausgeführte:	
neue Strandbuhnen	212000 „
Verlängerung der Schutzmauer	214000 „
Umlegung der Pflasterung hinter der Schutzmauer	63000 „
7. Für Verlängerung der Schutzmauer in den Jahren 1895/96	75000 „
zns.	2022000 ℳ

b) Norderney.

1. In den Jahren 1857/64 wurden ausgeführt:	
525 m Dünenschutzwerk (Buschdeckung mit Kleiunterlage), Kosten unbekannt, etwa	50000 ℳ
975 m Dünenschutzwerk (Quadermauerwerk mit Berme und Hinterpflasterung zu 460 ℳ	448000 „
fünf Strandbuhnen	255000 „
2. Für zwei Strandbuhnen, ausgeführt 1864/67	90000 „
3. In den Jahren 1874/78 ausgeführt:	
500 m Pfahlschutzwerk	122000 „
fünf neue Strandbuhnen	209000 „
4. In den Jahren 1882/85 ausgeführt:	
Umbau des unter 1. aufgeführten 525 m langen Dünenschutzwerkes	144000 „
Verstärkung von Strandbuhnen . . .	36000 „
5. Für die Erhöhung der Hinterpflasterung des unter 1. genannten 975 m langen Dünenschutzwerkes, ausgeführt 1895	50000 „
6. Für den Umbau des unter 3. genannten Pfahlschutzwerkes, ausgeführt 1897/98 .	261000 „
7. Für Sicherung der unter 1. genannten fünf Strandbuhnen, insbesondere Ausbau der Buhnenköpfe bis zum Jahr 1897	115000 „
in den Jahren 1898/1900	610000 „
zus.	2390000 ℳ

c) Baltrum.

1. Nach den Mitteilungen von Schelten und Roloff im Jahrgang 1895 der Zeitschrift für Bauwesen erforderten die Neubauten und die größeren Um- und Ergänzungsbauten an den Dünenschutzwerken und Strandbuhnen bis zum Jahre 1891	1813000 ℳ
davon zur Sicherung von vier Buhnenköpfen an der Westseite der Insel 232400 ℳ	
	1813000 ℳ

Übertrag	1813000 ℳ
2. Für Ausbesserung und Verstärkung der in den Sturmfluten von 1894 und 1895 beschädigten Schutzwerke verausgabt . . .	244000 „
3. Zur Sicherung und zum weiteren Ausbau der Buhnenköpfe an der Westseite der Insel im Jahr 1901 bewilligt	235000 „
zus.	2292000 ℳ

d) Spiekeroog.

1. In den Jahren 1873/77 ausgeführt:	
551 m Dünenschutzwerk	108000 ℳ
2. In den Jahren 1878/80 verausgabt:	
für den Umbau des vorstehenden Schutzwerkes	129000 „
für dessen Verlängerung um 802 m . .	186000 „
3. Für neun Strandbuhnen, erbaut 1873/80 .	337000 „
4. In den Jahren 1881/88 verausgabt:	
für 237 m neues Dünenschutzwerk . .	86000 „
für drei neue Strandbuhnen	112000 „
für Ergänzungsbauten an den alten Dünenschutzwerken und Strandbuhnen . . .	180000 „
5. Für Ausbesserung und Verstärkung der in den Sturmfluten von 1894 und 1895 beschädigten Schutzwerke	267000 „
zus.	1405000 ℳ

e) Sylt.

1. Für einige vor 1877 gebaute Versuchsbuhnen vor Westerland, Wenningstedt und am Ellenbogen rund	150000 ℳ
2. Für die in den Jahren 1878/87 auf der 11 km langen Uferstrecke von 4 km südlich bis 7 km nördlich von Westerland erbauten dreißig Hauptbuhnen und sieben Zwischenbuhnen	865000 „
	1015000 ℳ

Übertrag	1015000 ℳ
3. Für die von 1889/98 im Anschluß an die vorgenannten Strecken südlich bis Rantum und nördlich bis auf 2 km von der Nordwestkante der Insel, sowie zur Vervollständigung der älteren Buhnenreihe erbauten siebzehn Hauptbuhnen und siebzig Zwischenbuhnen	1900000 „
zus.	2915000 ℳ

f) Helgoland.

Für die in den Jahren 1896/1900 zum Schutz der Helgoländer Düneninsel hergestellten acht Buhnen nebst Zwischenwerken . . .	1500000 ℳ

Die Gesamtbaukosten für die an den sechs Inseln ausgeführten Schutzwerke stellen sich demnach auf reichlich 12 1/2 Millionen Mark.

An regelmäßigen jährlichen Unterhaltungskosten werden durch den Staatshaushalt zur Verfügung gestellt:

für Borkum	17000 ℳ
„ Norderney	8500 „
„ Baltrum	22000 „
„ Spiekeroog	17000 „
„ Sylt	65000 „
„ Helgoland	25000 „
zus.	154500 ℳ

Diese Beträge reichen aber nach den bisher gemachten Erfahrungen zur Unterhaltung der Werke in manchen Jahren nicht aus. Hohe Sturmfluten haben fast jedesmal Beschädigungen herbeigeführt, für deren Ausbesserung besondere Geldmittel bewilligt werden mußten. Und wenn auch anzunehmen ist, daß die Sturmflutschäden infolge der an den meisten Werken nachträglich ausgeführten Verstärkungen künftig nicht mehr so oft und in solcher Ausdehnung vorkommen werden wie in früheren Jahren, so ist doch auch nach der gegenwärtigen Beschaffenheit der Werke auf das gänzliche Ausbleiben solcher Schäden nicht zu rechnen.

Die Zusammenstellung der für Schutzbauten an den sechs Inseln gemachten Aufwendungen läßt ersehen, daß vor der Einverleibung von Hannover und Schleswig-Holstein in den preußischen Staat derartige Bauten nur auf Norderney zur Ausführung gekommen sind. Dort hatte die schon erwähnte Sturmflut in der Silvesternacht 1854/55 die Dünen an der West- und Nordwestseite der Insel soweit zerstört, daß das Dorf und die Gebäude der Badeanstalt nur noch durch eine einzige sehr schmale Dünenreihe vom Strande getrennt waren. Dadurch war eine große Anzahl von wertvollen, teils im Privatbesitz, teils im Staatseigentum befindlichen Grundstücken in eine so drohende Gefahr gekommen, daß die derzeitige hannoversche Regierung sich zur schleunigen Ausführung von Schutzbauten entschließen mußte. An allen übrigen Inseln sind solche Bauten erst nach 1867 durch die preußische Bauverwaltung veranlaßt worden.

Die Zusammenstellung läßt ferner ersehen, daß die Kosten, die für Um- und Verstärkungsbauten an den bei ihrer ersten Anlage zu schwach oder in einer nicht zweckentsprechenden Bauart hergestellten Schutzwerken aufgewendet werden mußten, bei den vier ostfriesischen Inseln zu einer sehr beträchtlichen Höhe angewachsen sind. Das Verhältnis der Kosten für Neubauten zu den Kosten für Um- und Verstärkungsbauten stellt sich danach ungefähr wie folgt:

	Kosten der	
	Neubauten	Um- und Verstärkungsbauten
auf Borkum	1347000 *M*	675000 *M*
„ Norderney	1174000 „	1216000 „
„ Baltrum	1581000 „	711000 „
„ Spiekeroog	829000 „	576000 „

Bei den Buhnenbauten auf Sylt, die erst im Jahre 1898 zum Abschluß gekommen sind, haben sich größere Um- und Verstärkungsbauten bisher nicht als notwendig erwiesen. Für die im Jahr 1900 vollendeten Schutzbuhnen auf der Helgolander Düne wurden Ergänzungsbauten zum Kostenbetrage von 100000 *M* von dem bauleitenden Techniker bereits vor-

geschlagen, bevor noch die Buhnen ganz fertig waren, ihre Ausführung ist aber bisher unterblieben.

Nach diesem kurzen Rückblick auf die ersten Anfänge und die nach und nach eingetretene weitere Entwicklung der Schutzbauten an den ost- und nordfriesischen Inseln ist mit Sicherheit darauf zu rechnen, daß neue Aufgaben auf diesem Gebiet über kurz oder lang an die preußische Bauverwaltung herantreten werden. Alle derartigen Maßnahmen sind aber, wie die Erfahrung gezeigt hat, von großer finanzieller Tragweite, und deshalb scheinen mir nachstehende zwei Fragen einer eingehenden Erörterung wert zu sein:

1. Unter welchen Umständen ist die Herstellung von Bauwerken zum Strand- oder Dünenschutz an einer Inselküste als notwendig anzuerkennen?

2. Welche Lehren sind in betreff der Bauart der Strand- und Dünenschutzwerke aus den Erfahrungen zu ziehen, die bei den bisher ausgeführten Schutzwerken gemacht worden sind?

Zur Frage 1.

Notwendigkeit von Schutzbauten für Norderney und Borkum.

Als im Jahre 1857 an der Nordwestseite von Norderney mit dem Bau von Dünenschutzwerken und Buhnen vorgegangen wurde, konnte über die Notwendigkeit dieser Anlagen und über die Dringlichkeit ihrer Ausführung ein Zweifel nicht obwalten. Die Werke waren, wie vorhin schon dargelegt worden ist, zur Erhaltung wertvoller Grundstücke unentbehrlich, und es lag um so mehr Veranlassung vor, mit öffentlichen Mitteln hierfür einzutreten, als ein großer Teil der zu schützenden Grundstücke Staatseigentum war. Es kam noch hinzu, daß der Wert dieser Grundstücke sich infolge der Einrichtung eines Seebades daselbst sehr gehoben hatte und daß bei der von Jahr zu Jahr steigenden Benutzung des Bades schon damals mit vieler Wahrscheinlichkeit darauf gerechnet werden konnte, daß mit der Zeit eine weitere bedeutende Wertsteigerung der Grundstücke eintreten werde.

Aus ganz ähnlichen Gründen wurde im Jahre 1869 mit der Anlage von Schutzwerken auf Borkum vorgegangen. Dort galt es außer dem unmittelbar hinter den Dünen an der Westseite der Insel liegenden Dorf und dem in ungefähr 300 m Abstand vom Strande liegenden alten Leuchtturm ein wertvolles domänenfiskalisches Dünengelände zu schützen, von welchem ähnlich wie auf Norderney angenommen werden konnte, daß es durch die Anlage und die zunehmende Entwicklung des Seebades noch an Wert sehr gewinnen werde. Hier wie auf Norderney war der Wert der unmittelbar gefährdeten Grundstücke so groß und der Staat hatte an der Erhaltung dieser Grundstücke ein so hervorragendes unmittelbares Interesse, daß die Anlage von Schutzwerken sich schon aus rein wirtschaftlichen Erwägungen für die Staatsverwaltung als notwendig herausstellte.

Warum auf Baltrum, Spiekeroog und Sylt Schutzwerke gebaut wurden.

Wesentlich anders wie auf Norderney und Borkum liegen die Wertverhältnisse der geschützten Grundstücke auf Baltrum und Spiekeroog und die Eigentums- und Wertverhältnisse auf Sylt.

Auf Baltrum und Spiekeroog sind zwar die Dünen Staatseigentum, aber ihr wirtschaftlicher Wert ist äußerst gering. Das auf Baltrum hinter der geschützten Dünenkette liegende Westdorf besteht nur aus etwa dreißig meist recht kleinen geringwertigen Wohnungen. Einige größere Gebäude sind erst in den letzten Jahren zur Aufnahme von Badegästen aufgeführt worden; aber die Bestrebungen, den Inselstrand als Seebad auszunutzen, haben bisher wenig Erfolg gehabt, und es dürfte auch von der Zukunft nicht zu erwarten sein, daß das nach seiner Lage und Geländebeschaffenheit gegen die meisten benachbarten Inseln zurückstehende Baltrum als Seebad sehr in Aufnahme kommen wird. Auf Spiekeroog liegt ein größeres Dorf mit Kirche an der Südseite einer ziemlich geschlossenen Dünenkette, in einem Abstande von ungefähr 1200 m vom westlichen Inselrande. Die Breite

der Dünenkette neben dem Dorfe — Entfernung zwischen den äußersten Häusern und dem nördlichen Dünenfuß — beträgt rund 800 m. Der wirtschaftliche Wert der Dünen ist hier ebenso wie auf Baltrum sehr gering, und auch als Seebad hat die Insel bisher nicht solche Bedeutung erlangt, daß in absehbarer Zeit eine wesentliche Wertsteigerung des Dünengeländes zu erwarten ist.

Zu der Zeit, als auf Baltrum und Spiekeroog mit dem Bau von Strandbuhnen und Dünenschutzwerken begonnen wurde — im Jahr 1873 —, waren auf beiden Inseln noch nicht einmal die ersten Vorbereitungen für die Einrichtung eines Seebades gemacht worden. In den Erläuterungen zum Staatshaushalt für 1875, wo für Deckwerke auf den ostfriesischen Inseln 450000 ℳ verlangt wurden, wird gesagt: „Nicht nur im Interesse der Inseln selbst und der darauf befindlichen wichtigen Schiffahrtszeichen, sondern auch im Interesse der durch die Inselreihe geschützten Küsten des Festlandes, sowie zur Sicherung des Fahrwassers der Elbe, Jade, Weser und Ems gegen das aus fernerem Abtreiben der Inseln notwendige Versanden derselben ist die Fortsetzung dieser Arbeiten notwendig.“ Recht wenig begründet ist die in diesen Erläuterungen ausgesprochene Annahme, daß das Abtreiben der Inseln eine Versandung der genannten Flußmündungen herbeiführen könne. Für das westlich von Borkum belegene Hauptfahrwasser der Ems ist, weil dies Abtreiben erfahrungsmäßig in der Richtung von Westen nach Osten erfolgt, eine Versandung von der Seite der deutschen ostfriesischen Inseln überhaupt nicht zu befürchten. Und die zu Preußen gehörigen Inseln können, solange die oldenburgische Insel Wangeroog noch nicht völlig verschwunden ist, das will sagen, wenigstens noch für eine längere Reihe von Jahrhunderten, auch den Mündungen der Jade und Weser nicht nachteilig werden, viel weniger selbstverständlich noch der ganz außer dem Bereich der Inseln liegenden Elbmündung.

Der Hinweis auf die Notwendigkeit des Inselschutzes für die Erhaltung der Küsten des Festlandes gilt offenbar, wenn nicht allein, so doch in erster Linie den Bauten, die

für Baltrum und Spiekeroog in Aussicht genommen waren. Auf Borkum nnd Norderney ist, wie bereits dargelegt wurde, der Wert der zu schützenden Grundstücke für sich allein groß genug, um den Staat als Eigentümer dieser Grundstücke zur Ausführung der notwendigen Schutzwerke zu veranlassen, ein Hinweis auf andere mittelbare Vorteile, die sich aus diesen Bauten ergeben, war daher zu ihrer Begründnng entbehrlich. In betreff der Schntzbauten für Baltrum und Spiekeroog mußten solche mittelbaren Vorteile zur wirtschaftlichen Begründung der Bauvorschläge mit herangezogen werden, weil der Wert der zu schützenden Grundstücke zu gering war, um die sehr beträchtlichen Kosten für den Bau und die Unterhaltung der geplanten Schutzwerke als angemessen erscheinen zu lassen.

Bei den Erwägungen über die Ausführung von Schutzbauten für die Insel Sylt traten die aus der Festlegung der Inselküste hergeleiteten mittelbaren Vorteile noch mehr in den Vordergrund. Die Dünen, die sich in einer fortlaufenden Kette an der Westseite von Sylt hinziehen, sind nicht, wie auf den ostfriesischen Inseln Staatseigentum, sondern sie gehören zu den von ihnen begrenzten westlichen Inseldörfern. Vor der Einverleibnng Schleswig-Holsteins in Preußen wurden die Arbeiten zur Befestigung der Dünen ganz nach eigenem Ermessen und auf Kosten dieser Dorfgemeinden ausgeführt. Aber schon bei der ersten Besichtigung der beiden Inseln Sylt und Amrum durch einen preußischen Ministerial-Kommissar, im Jahre 1865, wurde der Satz aufgestellt, daß der Schutz der Dünen zur Erhaltung der Inseln, wie auch der Deiche des Festlandes nnentbehrlich sei, und deshalb empfohlen, mit Arbeiten zur Erhaltung und Verbesserung der Dünen vorzugehen. Schon in den nächstfolgenden Jahren wurden Geldmittel hierfür ans der Staatskasse bewilligt, und zwar ohne daß die Inselbewohner mit Wünschen oder Anträgen an die Staatsregierung herangetreten waren. Die Arbeiten beschränkten sich zunächst auf Pflanzungen zur Verbesserung der Vordünen und Schließung der Lücken in den Hauptdünen. Aber schon nach wenigen Jahren wurde

unter wiederholter Betonung der großen Bedeutung, welche die Inseln für die Erhaltung der Festlandküste haben, zur Sicherung und Verbesserung des Strandes an der Westseite von Sylt auch mit dem Bau von Buhnen vorgegangen, wofür, wie die zu Anfang mitgeteilte Zusammenstellung ersehen läßt, bis zum Jahr 1898 ein Betrag von 2915000 ℳ aufgewandt worden ist.

Besondere Gründe für den Bau von Schutzwerken an der Helgoländer Düneninsel.

Bei Helgoland waren es Gründe ganz besonderer Art, die dazu führten, für den Schutz der kleinen Düneninsel so bedeutende Staatsmittel aufzuwenden. Dort handelte es sich darum, den mehr als 2000 Einwohnern der Insel durch die Erhaltung der Düne ihre Haupterwerbsquelle zu sichern, wozu die eigenen Mittel der Gemeinde nicht ausreichten. Es war ein Ausnahmefall, der ganz vereinzelt dasteht und daher für die hier zu erörternde Frage nicht weiter in Betracht kommen kann.

Untersuchungen über den Wert der Inseln als Schutz für die Festlandküste.

Auf Borkum und Norderney liegen, wie vorhin gezeigt worden ist, die Verhältnisse so, daß über die Notwendigkeit der dort ausgeführten Schutzwerke und über die Angemessenheit der aufgewendeten Kosten im Vergleich mit dem Wert der geschützten Grundstücke ein Zweifel ausgeschlossen ist. Hinsichtlich der Inseln Baltrum, Spiekeroog und Sylt — vielleicht auch Juist, Langeoog und Amrum, für deren Erhaltung bisher noch keine größeren Aufwendungen gemacht worden sind — aber bleibt nach dem Gesagten zu erörtern, erstlich, ob die zur Begründung der Notwendigkeit der Schutzbauten aufgestellte Behauptung, daß die Inseln zum Schutz der Festlandküste so überaus wichtig oder gar unentbehrlich sind, als zutreffend anerkannt werden muß, und ferner, ob die Ufer und Dünenabbrüche an den ungedeckten Inseln derartig sind, daß wenn keine Schutzwerke gebaut werden, in absehbarer Zeit ihre vollständige Zerstörung befürchtet werden muß.

image
not
available

image
not
available

image
not
available

Wasserversorgung, Kanalisation und Reinigung von Städten.

Becker, Gustav, Königl. Reg.-Baumeister. Die Entwässerung der Stadt Königsberg i. Pr. Mit 3 Kupfertafeln. 4. (12 S.) 1890. geh. 5 M.

Berg, Oberbaurat. Das Wasserwerk der freien Hansestadt Bremen. Herausgegeben von Böttcher u. Obnesorge. Mit Abbildungen u. 15 Tafeln. Folio. (18 S.) 1876. geb. 16 M.

Böttger, P., Geh. Baurat. Die Kanalisation von Zoppot. Mit 2 Tafeln. 4. (8 S.) 1899. geh. 3 M.

Hobrecht, Dr. James, Stadt-Baurat. Die Kanalisation von Berlin. Im Auftrage des Magistrats der Königl. Haupt- und Residenzstadt Berlin entworfen und ausgeführt. Darstellung der Entwässerungsleitungen, Pumpstationen und Rieselfeldanlagen. gr. 8. (VI, 330 S.) geb. Mit einem Atlas von 57 Tafeln in gr. Folio. 1884. steif geh. 150 M.
— Die kleine Ausgabe ist vergriffen. —

— Beiträge zur Beurteilung des gegenwärtigen Standes der Kanalisations- und Berieselungsfrage. Mit einem Situationsplan von Berlin u. Umgegend. gr. 8. (83 S.) 1883. geh. 2 M.

— Die modernen Aufgaben des großstädtischen Straßenbaues mit Rücksicht auf die Unterbringung der Versorgungsnetze. gr. 8. (22 S.) 1890. geb. 1,20 M.

Keller, H., Die Kanalisation von Neapel. Mit einer Abbildung und 4 Tafeln. 4. (8 S.) 1892. steif geh. 7 M.

Krebs, Wilhelm. Grundwasser-Beobachtungen im unterelbischen Gebiet. Mit Rücksicht auf den Ausbruch der Cholera-Epidemie 1892 in Hamburg. Mit 8 Abbildungen und 3 Tafeln. 4. (11 S) 1892. geh. 5 M.

Ritzel, Königl. Baurat. Die Wasserversorgung und die Entwässerung der Stadt Neustadt in Oberschlesien. Mit 3 Tafeln. 4. (9 S.) 1900. geh. 3 M.

Wiebe, F. K. H., Professor. Die neuen Berliner Wasserwerke. Erbaut unter Leitung von Henry Gill. Mit 30 Tafeln. gr. 4. (14 S.) 1872. geh. 16 M.

Brückenbau.

Bau der Neuen Eisenbahnbrücken über die Weichsel bei Dirschau und über die Nogat bei Marienburg. Nach amtlichen Quellen bearbeitet. Mit vielen Abbildungen und 11 Tafeln. gr. Folio. (40 S.) 1896. steif geh. 20 M.

Breuer, Reg.-Baumeister. Eisenbahnbrücke über die Ruhr bei Hohensyburg, deren Einsturz infolge des Hochwassers

image
not
available

Mohr, E., Königl. Reg.- u. Baurat. Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Mit vielen Abbildungen u. 9 Kupfertafeln. Folio. (28 S.) 1890. steif geb. 12 M.

Roeder, Königl. Baurat. Der Teltower Kanal, die Verbindung des Elb-Spree-Kanales mit dem Rostock-Berliner Kanale und seine Zweig-Kanäle. Nebst einer Karte, enthaltend die Situation, Längen- und Querprofile. gr. 8. (39 S.) 1875. geh. 2,50 M.

Seebau. Seehäfen.

Einrichtung und Betrieb der Fischereihäfen in England und Schottland sowie über Anlage von Hafenzungen und Hafenmauern in einigen Häfen Großbritanniens. Mit 8 Abbildungen u. 2 Kupfertafeln. 4. (8 S.) 1894. geh. 4 M.

Forchheimer, Ph., Professor. Verfahren zur Berechnung von Schwimmdocks. Mit 12 Abbildungen. gr. 8. (21 S.) 1892. geh. 1,50 M.

Hafen, Der, von Harburg. Mit 3 Tafeln. 4. (15 S.) 1895. geh. 4 M.

Häfen, Die, der Provinz Schleswig-Holstein. (1. Der Hafen bei Husum. 2. Der Hafen bei Tönning. 3. Der Hafen bei Friedrichstadt. 4. Der Hafen bei Glückstadt a. E.) Mit 3 Tafeln. 4. (20 S.) 1893. geh. 5 M.

Hagen, L., Geh. Ober-Baurat. Die Seehäfen in den Provinzen Preußen und Pommern.

I. Der Hafen zu Pillau und der Hafen zu Neufahrwasser. Mit 2 Plänen. 4. (26 S.) 1883. geh. 5 M.

II. Der Hafen zu Memel. Mit 2 Plänen. 4. (25 S.) 1885. geh. 5 M.

Havestadt, Christian, Reg.-Baumeister. Die Dock- und Hafenanlagen in Liverpool und Birkenhead. Mit Abbildungen und einer Tafel. 4. (17 S.) 1886. geh. 3 M.

— Die Sundhäfen von Dänemark und Schweden. Mit 3 Tafeln. 4. (8 S.) 1881. geh. 4 M.

Herzbruch, Reg.- u. Baurat, und **Dempwolff,** Hafen-Bauinspektor. Die russischen Ostsee-Häfen Libau, Riga, Reval, St. Petersburg und Cronstadt. Mit 8 Tafeln. 4. (10 S.) 1880. geh. 6 M.

Keller, H., Studien über die Gestaltung der Sandküsten und die Anlage von Seehäfen im Sandgebiet. Mit 16 Abbildungen. 4. (40 S.) 1881. geh. 4 M.

Krause, Friedrich, Stadtbaurat. Neue Hafenanlagen in Stettin. Mit 8 Textabbildungen und 3 Tafeln. 4. (13 S.) 1899. Steif geb. 4 M.

Lentz, Hugo, Wasserbauinspektor. Der neue Hafen in Cuxhaven. Mit 3 Abbildungen u. 3 Tafeln. 4. (19 S.) 1898. geh. 6 M.

image
not
available

image
not
available

Flußbau. Schiffbarmachung von Flüssen.

Benoit, Königl. Reg.- u. Baurat, u. **Roloff,** Königl. Reg.-Baumeister. Die Festlegung der Lebamündung in Pommern. Mit 2 Kupfertafeln. 4. (11 S.) 1890. geh. 5 M.

Cuno, Eduard, Königl. Reg.- u. Baurat, und **Gotzmer,** Königl. Reg.-Baumeister. Die Kanalisierung des Main von Frankfurt a. Main bis zum Rhein. Mit Abbildungen u. 4 Kupfertafeln. 4. (15 S.) 1888. geh. 6 M.

Dittrich, A., Königl. Wasserbauinspektor. Über den Einfluſs der Stromregulierung auf den Verlauf der Hochwässer und Eisgänge der oberen Oder. Mit 1 Kupfertafel. 4. (11 S.) 1891. geh. 2 M.

Doell, Baurat. Die Wasserstraßen in Frankreich. Nach einem Berichte des Oberingenieurs Holtz in Paris. gr. 8. (22 S.) 1891. geh. 1 M.

Engels, H., Geh. Hofrat, Professor an der Technischen Hochschule in Dresden. Das Flußbau-Laboratorium der Königl. Techn. Hochschule in Dresden. Mit 3 Tafeln. 4. (11 S.) 1900. geh. 3 M.

Garbe, Heinrich, Reg.- u. Baurat. Der Weichselhafen Brahemünde und die Kanalisierung der Unterbrahe. Mit 7 Kupfertafeln. 4. (15 S.) 1888. geh 8 M.

Greve, Julius, Königl. Reg.-Baumeister. Die Kanalisierung der Ruhr von Wetter bis Ruhrort. Denkschrift über die Bedeutung der Ruhr-Kanalisierung und über den gegenwärtigen Stand der Vorarbeiten. Im Auftrage des Vereins zur Kanalisierung der Ruhr ausgearbeitet. Mit einer Übersichtskarte und 5 Holzschnitten. 4. (28 S.) 1887. geh. 4 M.

Hagen, L., Geh. Ober-Baurat. Reisebericht über die im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten im Frühjahr 1880 ausgeführte Besichtigung einiger Ströme Frankreichs. Mit Abbildungen und 6 Kupfertafeln. 4. (16 S.) 1881. geh. 6 M.

Jasmund, R., Reg.- u. Baurat. Die Regulierung der Rhone. Mit 12 Abbildungen u. 3 Tafeln. 4. (22 S.) 1900. geh. 5 M.

Korrektion, Über die, des Rheins auf der Strecke von Mainz bis Bingen. (Amtlich.) Mit einer Übersichtskarte. 4. (20 S.) 1881. geh. 1,50 M.

Kröhnke, Königl. Reg.- u. Baurat. Über den Einfluß der Stromregulierungen auf die Wasserstände in den Flüssen. Mit 1 Blatt Abbildungen. 4. (9 S.) 1890. geh. 3 M.

Lierau, Königl. Wasserbauinspektor. Der Dünendurchbruch der Weichsel bei Neufähr im Jahre 1840 und die Entwicklung der neuen Weichselmündung bei Neufähr von 1840—1890. Mit 5 Abbildungen und 2 Doppelkupfertafeln. 4. (8 S.) 1892. geh. 3 M.

image
not
available

image
not
available

image
not
available

image
not
available

Der Hinweis auf die große Bedeutung der Inseln als Schutz für die Ufer und Deiche an den Küsten des Festlandes findet sich außer in den erwähnten amtlichen Schriftstücken auch in zahlreichen Druckschriften, besonders aus der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts. In dem Jahrgang 1856 der Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins spricht sich der derzeitige Oberbaudirektor Plener in Hannover dahin aus, daß wir allen Anwachs an der Küste — die Anlandungen an den tief hineingehenden Meerbusen ausgenommen — allein den vorliegenden Inseln zu verdanken haben und daß, wenn an Stelle der Inseln nur Sandbänke vorhanden wären, die am Ufer des Festlandes vorhandenen Deiche nicht ohne große unabsehbare Mittel, wahrscheinlich überall nicht würden erhalten werden können. Die Erfahrung zeige, daß an solchen Stellen der Nordseeküste, die durch keine Inseln oder, was dasselbe sei, durch keine vorspringende und Meerbusen einschließende Erdzungen geschützt sind, kein Anwachs stattfinde, vielmehr, wo nicht künstliche Mittel dagegen angewandt werden, Abbruch entstehe. Unsere Vorfahren hätten demnach recht gehabt, wenn sie die Inseln als eine Vormauer des Festlandes ansahen und auf ihre Erhaltung großes Gewicht legten.

Ganz ähnlich äußert sich der Oberbaudirektor Franzius in Bremen im dritten Bande des Handbuches der Ingenieurwissenschaften, indem er auf die vorgedachte Mitteilung von Plener noch ausdrücklich hinweist. In dem „Versuch einer Geologie der ostfriesischen Marschen“ vom Wasserbauinspektor v. Horn, Emden 1862, wird — und zwar ebenfalls unter Hinweisung auf die Abhandlung von Plener — „die Tatsache, daß die Inseln mit den vorliegenden Riffen und den zurückliegenden Watten die kräftigsten natürlichen Bollwerke des Festlandes sind“, als zu häufig in öffentlichen Schriften nachgewiesen und so allgemein bekannt hingestellt, daß es nicht für nötig oder auch nur angemessen gehalten wird, darüber noch Näheres zu sagen. Und obgleich ein Nachweis für die als allgemein bekannt hingestellte Tatsache bisher wohl niemals erbracht worden ist, so ist doch ganz

dasselbe so oft und von so vielen Seiten gesagt und geschrieben worden, daß es nicht wunder nehmen kann, wenn dieser Ausspruch allmählich zu einem Stück öffentlicher Meinung geworden ist und ohne weitere Prüfung als unanfechtbare Wahrheit hingenommen wird.

Nur ganz vereinzelt sind Stimmen laut geworden, die der so weit verbreiteten Meinung zu widersprechen gewagt haben. So wird von Arends in seiner „Physischen Geschichte der Nordseeküste und deren Veränderungen durch Sturmfluten, Emden 1833," gezeigt, daß in den letzten Jahrhunderten viel Land gewonnen ist an Küstenstrecken, die gegen Nordwesten und Norden ohne Schutz und dem Andrang der Meeresfluten am stärksten ausgesetzt sind; u. a. auf einer $1^1/_2$ Meilen langen Strecke zwischen den Mündungen der Weser und der Elbe, die viel neues Land aufweist, obgleich hier die See gerade am stärksten, ohne auch nur von der kleinsten Insel aufgehalten zu werden, anstürmt.[1]) Er bemerkt dazu, daß solche unbestreitbare Tatsachen ein überzeugender Beweis sind für die Unrichtigkeit der selbst von Sachkennern geteilten Theorie, daß nur in einer beschützten Lage Anwachs entstehen könne. In betreff der Wichtigkeit oder gar Unentbehrlichkeit der Inseln für die Erhaltung der Deiche an der Festlandküste wird von Dekker in seinen Nachrichten über die Sturmfluten vom 3. und 4. Febr. 1825, Emden 1892, mitgeteilt:

„daß die schwersten Schäden und Durchbrüche nicht gerade dort entstanden, wo die See frei und ungeschwächt anstürmen konnte, sondern oft gerade an solchen Stellen, welche gegen den unmittelbaren Wellenangriff geschützt lagen. Selbst da, wo man meinen sollte, daß die vorliegenden Inseln die Küste schützten, litten die Deiche sehr stark und weit mehr als dort, wo das Meer durch Öffnungen zwischen den Inseln sich frei auf die Küste stürzen konnte und der Wellenschlag also sicher stärker

---

1) An dieser den Sturmfluten am stärksten ausgesetzten Küstenstrecke des Landes Wursten sind in den Jahren 1618 bis 1636 das Misselwardener, Padingbütteler, Dorumer, Kappeler und Spikaer Neufeld mit zusammen reichlich 1500 Hektar eingedeicht worden.

und höher sein mußte. So litt z. B. der Deich des Amtes Norden am meisten auf der Strecke, vor welcher die Insel Juist in nordwestlicher Richtung liegt, während die benachbarte Strecke vor der weiten Öffnung zwischen den Inseln Juist und Norderney weniger Schaden litt. Der schwerste Deichbruch in Ostfriesland fand statt in der Bucht zwischen Larrelt und Emden."

Er bezeichnet aber diese Wirkungen der beiden Sturmfluten als „ganz eigentümlich" und läßt sich durch die mitgeteilten Tatsachen nicht abhalten, der so weit verbreiteten Meinung über den großen Wert der Inseln als Schutzwehr für die Küste beizustimmen. Am Schlusse seiner Mitteilungen, bei der Schilderung der durch die Sturmfluten herbeigeführten Verheerungen auf den Inseln wird auf die Folgen dieser Abbröcklungen für die Festlandküste ausdrücklich hingewiesen und bemerkt, daß je mehr sich die Seetore zwischen den einzelnen Inseln erweitern, desto mehr Flutwasser auf die Küste und besonders auch in die Ems eindringt und desto größer die Gefahr der Überschwemmung und Zerstörung für unsere Deiche und Marschen wird. Eine Erklärung dafür, wie diese Anschauung mit den vorhin erwähnten Beobachtungen, die bei den Sturmfluten im Februar 1825 gemacht worden sind, in Einklang zu bringen ist, wird nicht gegeben.

Für die richtige Beantwortung der Frage, welche Bedeutung den Inseln als Schutzwehren für die Festlandküsten beizumessen ist, lassen sich zuverlässige Anhaltspunkte nur durch bestimmte zahlenmäßige Nachweise gewinnen. Es soll deshalb versucht werden, auf Grund eingehender Ermittlungen festzustellen, wie sich die hinter den nord- und ostfriesischen Inseln liegenden Küstenstrecken hinsichtlich der Schwierigkeiten des Uferschutzes und der Deichunterhaltung im Vergleich mit solchen Küstenstrecken verhalten haben und noch verhalten, die nicht durch vorliegende Inseln geschützt sind.

a) Anlandungen und Schardeichs an Küstenstrecken mit und ohne Inselschutz.

Nach einer im Jahre 1894 von dem Geheimen Baurat Suadicani in Schleswig aufgestellten Übersicht des Land-

gewinns, der im 18. und 19. Jahrhundert an der Westküste Schleswig-Holsteins erzielt worden ist, sind in den beiden Jahrhunderten die in der nachstehenden Liste näher bezeichneten neuen Bedeichungen ausgeführt worden.

Kreis	Name des Kooges (oder Polders)	Jahr der Eindeichung	Eingedeichte Fläche in Hektaren
1. Hinter den nordfriesischen Inseln zwischen Hoyer und Eiderstedt.			
Tondern	Dagebüller Koog . . .	1704	1000 ha
„	Neuer Christian-Albrecht-Koog	1705/06	1040 „
„	Ruttebüller Koog . . .	1715	550 „
„	Juliane-Marienkoog . .	1776	304 „
„	Marienkoog	1794	670 „
„	Neuer Friedrichskoog . .	1860	886 „
Husum	Sophie-Magdalenenkoog .	1741	590 „
„	Desmercierenkoog . . .	1765	322 „
„	Reußenkoog	1788	485 „
„	Louisen-Reußenkoog . .	1788	370 „
„	Simonsberger Koog . .	1861	472 „
„	Dockkoog	1861	24 „
	1. Zusammen	—	6713 ha
2. An den Seeküsten zwischen der Hever- und Elbmündung.			
Eiderstedt	Süderheverkoog . . .	1862	532 ha
„	Wilhelminenkoog . . .	1822	249 „
Norder-Dithmarschen	Friedrichsgabekoog . . .	1714	506 „
„	Wesselburnerkoog . . .	1862	976 „
Süder-Dithmarschen	Sophienkoog	1717	664 „
„	Kronprinzenkoog . . .	1785/87	2000 „
„	Christianskoog	1845	625 „
„	Friedrich VII.-Koog . .	1853/54	2109 „
„	Kaiser Wilhelm-Koog .	1872/73	1153 „
		—	8814 ha
Dazu kommen noch die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingedeichten Sommerköge			
in Norder-Dithmarschen 3 von zusammen . . .			456 „
in Süder-Dithmarschen 9 „ „ . . .			1045 „
		2. Zusammen	10315 ha

Eine gleiche Übersicht ist diesseits aufgestellt worden über den Landgewinn, der in den beiden letzten Jahrhun-

derten einerseits an der hinter den ostfriesischen Inseln liegenden Küstenstrecke der Landschaften Ostfriesland und Jever, anderseits an der dem offenen Meer zugekehrten Küste zwischen der Jade- und Elbemündung eingetreten ist. Die darin enthaltenen Angaben sind teils an amtlichen Stellen eingezogen, teils aus Druckschriften entnommen, die nach amtlichen Quellen bearbeitet worden sind.

Kreis oder Landschaft	Name des Polders	Jahr der Eindeichung	Eingedeichte Fläche in Hektaren [2]
3. Hinter den ostfries. Inseln von der Leybucht bis zur Jademündung.			
Ostfriesland (Kreis Norden)	Westermarscherkoog . .	?	42 ha
	Maudepolder	?	70 „
	Lütetsburger Polder . .	1708/72	145 „
	Wester-Neßmerpolder .	1775	140 „
	Boy-Hammpolder . . .	1775	12 „
	Oster-Neßmerpolder . .	1772	95 „
	Kuchenbäckerpolder . .	nach 1772	50 „
	Münsterpolder	1840	130 „
Kreis Wittmund	Dammspolder	—	60 „
	Westerburer Polder . .	1771	200 „
	Schwerins- u. Kiels-Groden	1804 [3]	87 „
	Friedrichsgroden . . .	1765	292 „
	Karolinengroden . . .	1729	371 „
Wangerland (Jeverscher Deichband) [4]	Friederikengroden . . .	1721	152 „
	Friedrich-Augusten-Groden	1765	537 „
	Neu Friederikengroden .	1799	110 „
	Neu Augustengroden . .	1806/10	269 „
	3. Zusammen	—	2762 ha
4. Zwischen der Jade- und Elbemündung.			
Land Wursten (von Bremerhaven bis zur Grenze des Hamburgischen Amtes Ritzebüttel).	7 Sommerköge vor dem Kappeler und Spikaer Neufeld	1859 bis 1866	555 ha
	4. Zusammen	—	555 ha

2) Die Flächengrößen sind zum Teil nach den Karten der Königl. preuß. Landesaufnahme überschlägig berechnet worden.

3) Nach Arends, Physische Geschichte der Nordseeküste, Emden 1833, eingedeicht 1804 und, nachdem die Deiche 1825 zerstört waren, 1833 wieder bedeicht.

4) Nach O. Tenge, Der Jeversche Deichband, Geschichte und Beschreibung der Deiche, Uferwerke und Siele. Oldenburg 1884.

Die hinter den nordfriesischen Inseln gelegene Marschküste der Kreise Tondern und Husum ist rund 85 km und die nicht durch Inseln geschützte Seeküste zwischen der Hever- und Elbemündung — mit Ausschluß der Dünenstrecke vor St. Peter — rund 90 km lang. Die Länge der Seeküste hinter den ostfriesischen Inseln beträgt 72 km, die gegen Stürme aus westlicher und nordwestlicher Richtung freiliegenden Küsten von Butjadingen und dem Lande Wursten zwischen der Jade- und Elbemündung etwa 50 km.

Hiernach hat der Landgewinn in den letzten 200 Jahren, wenn er auf die angegebenen Küstenlängen gleichmäßig verteilt gedacht wird, für 1 km Länge betragen:

hinter den nordfriesischen Inseln $\frac{6713}{85} = 79{,}0$ ha,

hinter den ostfriesischen Inseln $\frac{2762}{72} = 38{,}4$ ha,

an den freiliegenden Küsten zwischen der Hever- und Elbemündung

$$\frac{10315}{90} = 114{,}6 \text{ ha}$$

und zwischen der Elbe- und Jademündung

$$\frac{555}{50} = 11{,}1 \text{ ha.}$$

Oder wenn man die beiden durch die Inseln geschützten und die beiden freiliegenden Küstenstrecken zusammenrechnet, für 1 km der ersteren

$$\frac{6713 + 2762}{85 + 72} = 60{,}4 \text{ ha}$$

und für 1 km der letzteren

$$\frac{10315 + 555}{90 + 50} = 77{,}6 \text{ ha.}$$

Einen Maßstab für die Beurteilung der Stärke des Wellenangriffs auf die Küsten gibt auch das Längenverhältnis zwischen den Deichstrecken, die kein Vorland haben und, weil sie am Fuße der Außenböschung von jeder gewöhnlichen Flut bespült werden, durch künstliche Abdeckungen und vorspringende Werke geschützt werden müssen, zu den

Deichen, die hinter begrüntem Vorlande liegen und solcher künstlicher Schutzmittel nicht bedürfen. Von den Deichen ohne Vorland, den sog. Schardeichen, sieht man an der 85 km langen nordfriesischen Küste rund 25 km, an der 72 km langen Küste hinter den ostfriesischen Inseln 22 km, an den 90 km langen Küsten der Seemarschen von Eiderstedt, Norder- und Süderdithmarschen 24 km und an den 50 km langen, gegen West und Nordwest freiliegenden Küsten von Butjadingen und Wursten 9 km. Das Verhältnis der Länge der Schardeiche zur ganzen Deichlänge beträgt also hinter den nord- und ostfriesischen Inseln 1 : 3,4 und 1 : 3,27, bei den Deichen, die keinen Inselschutz haben, 1 : 3,75 und 1 : 5,55.

Diese Verhältniszahlen sind ebenso wie die vorhergehend für dieselben Küstenstrecken mitgeteilten Rechnungsergebnisse über den in den letzten 200 Jahren erzielten Landgewinn geradezu auffallend, insofern sie den Anschein erwecken müssen, daß der Angriff der Meereswellen sich an den hinter den Inseln liegenden Küstenstrecken in einem stärkeren Maße fühlbar macht, als an den Strecken, die nicht durch Inseln gedeckt sind. Daß dies wirklich der Fall sein könnte, läßt sich indes wohl nicht annehmen. Die Tatsache, daß hinter den Inseln in den letzten 200 Jahren weniger Land gewonnen ist, und daß sich dort verhältnismäßig mehr Schardeiche finden, als an den freiliegenden Küstenstrecken, wird vielleicht aus anderen Verhältnissen zu erklären sein. Nicht ohne Einfluß hierauf ist wohl der Umstand, daß das Wasser in unmittelbarer Nähe der beiden großen Ströme Elbe und Weser, also in dem Gebiet, das zwischen den beiden Inselketten liegt, schlickhaltiger ist, als in den weitabliegenden Inselgebieten, wo ähnlich große Zuflüsse von Binnenwasser nicht vorhanden sind. Ob jene Tatsache in diesem Umstande allein ihre Erklärung finden kann, oder ob noch andere Verhältnisse von Einfluß darauf sind, mag dahingestellt bleiben, für die vorliegende Frage ist das wenig von Belang. Die zahlenmäßig festgestellten Verhältnisse mögen so oder anders zu erklären sein, sie beweisen für alle Fälle, daß der Satz: aller Anwachs an der



Küste ist den vorliegenden Inseln zu verdanken und ohne die Inseln würde die Deichunterhaltung sehr schwierig und kostspielig, wahrscheinlich sogar unmöglich sein, nicht zutreffend ist. — Zu demselben Ergebnis, sowohl in betreff des Anwachses als der Deichunterhaltung, führen auch noch andere Betrachtungen.

b) Landbildung auf ungeschützten Wattflächen.

Die Behauptung, daß aller Anwachs an der Küste den vorliegenden Inseln zu verdanken sei, oder wie es an einer anderen Stelle der früher bezeichneten Plenerschen Mitteilungen heißt: daß, wie die Erfahrung zeige, an solchen Stellen der Nordseeküste, die durch keine Inseln oder vorspringende und Meerbusen einschließende Erdzungen geschützt sind, kein Anwachs stattfindet, wird durch eine neuere Landbildung auf dem Watt vor der dithmarsischen Küste schlagend widerlegt. In einem als Druckschrift veröffentlichten Bericht des Domänenrats Müllonhoff im Friedrich VII-Koog vom Juli 1895 wird über die Entstehung und weitere Entwicklung dieses Anwachses folgendes mitgeteilt:

„An der Elbmündung, zum Kreise Süderdithmarschen gehörig, befindet sich eine ausgedehnte Wattfläche, aus Inseln und Halbinseln bestehend, die unter der ordinären Flut, zur Zeit der Ebbe aber trocken liegen. Im Laufe der letzten Jahrhunderte sind große Stücke derselben begrünt und bilden sehr fruchtbares Marschland. Die größte Ausdehnung erreicht dies Watt westlich des 9 km in die See sich erstreckenden Friedrich VII-Koogs. Von hier kann man dasselbe, fast 15 km in nordwestlicher Richtung vordringend, mit Pferden und Wagen befahren. Der Hauptbestandteil des Watts ist nämlich feiner Glimmersand, bis zu 20 m Tiefe, fast ohne jegliche Beimischung von Ton.

Die Insel Trischen bildet den äußersten Ausläufer, nach älteren Karten aus den Inseln Buschsand, Polln und Rischen bestehend. F. Geerz verzeichnet dieselbe 1858 auf seiner Karte der Herzogtümer Schleswig-Holstein und Lauenburg als Trischen oder Rischen.

Die Insel umfaßt rund 30 qkm Flächenraum, von denen aber reichlich 7 qkm über der ordinären Flut liegen, und wird begrenzt vom Neufahrwasser, Dieksander Gatt, Flachstrom, der Süderpiep und falschen Tiefe.

Hiesige Schiffer brachten im Jahre 1854 die Nachricht hierher, daß sich auf Trischen kleine grüne Inselchen von kaum 1 qm Größe bildeten.

Im Laufe der Zeit schlossen sich diese Grasflächen mehr und mehr zusammen, so daß ich im Jahre 1872 schon 16,64 ha mit Nutzgräsern bestandenen Landes vermessen konnte; während der dichte Queller (salicornia herbacea) sich über weitere fast 31 ha ausbreitete, welches eine Gesamtfläche von 47,57 ha ergibt.

Im Jahre 1884 betrugen diese grünen Flächen 66 und 92 ha und im Jahre 1894 bereits 103 und 129 ha."

Nach einigen Mitteilungen über die in den Jahren 1868 und 1874 bis 1886 zur allmählichen Kultivierung verausgabten Kosten für Begrüppungsarbeiten — im Jahre 1868 300 ℳ und in den Jahren 1874 bis 1886 zusammen rund 11 000 ℳ — sowie über die bis 1886 zur genauen Feststellung der fortschreitenden Entwicklung der Insel vorgenommenen Messungen heißt es dann weiter:

„War es bis dahin höchst interessant zu beobachten, wie sich unmittelbar an der tiefen Nordsee so rasch eine neue große grüne Insel bildete, so wurde diese Bildung doch geradezu staunenswert durch die nunmehr am westlichen Inselrande durch starken Sandflug entstehende Düne, die von der heftigen Flut des 12. Februar 1894 nur noch zum Teil überschwemmt wurde."

Eine Karte der so entstandenen Insel nach der im Jahre 1895 vorgenommenen Vermessung ist in Abb. 3 Bl. 1 u. 2 beigefügt. Im übrigen ist dem vorstehend mitgeteilten Berichtsauszuge nur noch erläuternd hinzuzufügen, daß die Insel in der geraden Linie von der äußersten Landspitze bei Cuxhaven nach der Dünenkette bei St. Peter an der Westspitze von Eiderstedt liegt und daß ihre Entfernung von den nächsten Festlandspunkten beträgt:

von der westlichen Spitze des Friedrich VII-Koogs 12 km,
von Büsum . . . . 16 „
und von der nördlichen Landspitze bei Cuxhaven 18 „

In betreff der in dem Müllenhoffschen Bericht gebrauchten Bezeichnung: „Insel Trischen“, als äußerstem Ausläufer des Watts, der „nach älteren Karten aus den Inseln Buschsand, Polln und Rischen“ bestand, ist zur Vermeidung von Mißverständnissen zu bemerken, daß diese sog. Inseln bis 1854 nichts anderes waren, als z. B. der Blauortsand auf dem Watt vor Büsum und Scharhörn auf dem Neuwerker Watt an der linken Seite der Elbmündung, völlig kahle Wattflächen, die bei gewöhnlichem Hochwasser nicht überflutet und daher bisweilen als Inseln bezeichnet wurden.

c) Deichunterhaltung an Küstenstrecken mit und ohne Inselschutz.

Was die Schwierigkeiten und Kosten der Deichunterhaltung anbetrifft, so ist es in allen Marschgebieten wohlbekannt, daß Schardeiche sehr viel schwieriger und kostspieliger zu unterhalten sind, als Deiche mit grünem Vorlande. Wenn nun vorhin festgestellt wurde, daß an den Außenstrecken hinter den Inseln verhältnismäßig mehr Schardeiche vorhanden sind, als an den Strecken, die keine Inseldeckung haben, so läßt sich daraus allein schon entnehmen, daß die Inseln als Schutz für die Deiche nicht von großer Bedeutung sein können. Denn diese Schardeiche sind ja nicht etwa als solche gebaut worden. Bei ihrer ersten Anlage hatten die Deiche unzweifelhaft überall mindestens so viel Vorland, daß der für ihre Herstellung erforderliche Boden daraus entnommen werden konnte und daß auch für ihre Unterhaltung noch ein Teil davon übrig blieb. Erst durch den späteren Abbruch des für die Unterhaltung der Deiche aufgesparten Vorlandes sind die Schardeiche entstanden, und dieser Abbruch ist, wie die mitgeteilten Zahlen ergeben, hinter den beiden Inselreihen mindestens ebenso stark gewesen, als an andern Küstenstrecken. — Zu untersuchen bleibt noch, wie die Höhen und Stärken der hinter den Inselketten liegenden Deiche sich zu den Abmessungen der Deiche verhalten,

die keinen Inselschutz haben; denn mit den Höhen- und Stärkenmaßen wachsen die Kosten der Herstellung und in gewissem Grade auch die der Unterhaltung der Deiche.

Von den Deichen an der ganzen deutschen Nordseeküste kann angenommen werden, daß sie in ihrer gegenwärtigen Beschaffenheit hohen Sturmfluten gegenüber einen ungefähr gleichen Grad von Sicherheit gewähren. In der großen Sturmflut vom 3./4. Februar 1825, die von allen bekannten Fluten an der deutschen Nordseeküste die höchste war, hatten sich die derzeitigen Deiche fast überall als zu schwach erwiesen. Sie mußten daher durchgehends verstärkt werden, und wohl zum ersten Male seit dem Bestehen der Deiche wurden alle diese Verstärkungen nach reiflich durchdachten Vorschlägen und unter der Leitung von Sachverständigen ausgeführt. Denn nicht lange Zeit vorher — in Schleswig-Holstein im Jahre 1800 — war in den Marschen eine staatliche Aufsicht über die Deiche durch technisch vorgebildete Beamte allgemein eingeführt worden, und wenn die Vorschläge dieser Beamten anfangs nicht nur bei den deichpflichtigen Verbänden, sondern auch bei den örtlichen Verwaltungsbehörden vielfach auf Mißtrauen und Widerspruch gestoßen waren, so fanden sie durch die erwähnte große Sturmflut die kräftigste Unterstützung, die mehr als alle vorhergegangenen Mahnungen dazu beitrug, jedermann von der Notwendigkeit der vorgeschlagenen Verstärkungen zu überzeugen. Es war hiernach selbstverständlich, daß die Höhen- und Böschungsverhältnisse der verstärkten Deiche überall nach Maßgabe der bei dieser letzten und höchsten Sturmflut gemachten Beobachtungen festgestellt wurden. Diese Beobachtungen und nachträgliche Ermittlungen, die über die Höhe der Sturmflut von 1825 an verschiedenen Punkten der Küste vorgenommen sind, haben ergeben, daß der höchste Wasserstand im Verhältnis zum gewöhnlichen Hochwasser an der eigentlichen Seeküste überall annähernd die gleiche Höhe erreicht hat. Nach den im „Gemälde der Sturmfluten vom 3. bis 5. Februar 1825 von Friedrich Arends, Bremen 1826“ mitgeteilten, aus amtlichen Quellen geschöpften Angaben war die

höchste Fluthöhe bei Norden 11 Fuß 6 Zoll, bei Neßmersiel und Westeraccumersiel 11 Fuß, bei Friedrichsschleuse 10 Fuß 6 Zoll und bei Cuxhaven 12 Fuß 3 Zoll höher als die ordinäre Flut. Für Cuxhaven ergibt sich aus einem Vergleich mit anderweit veröffentlichten Nachrichten, daß die Angabe sich auf Hamburger Maß bezieht, 12 Fuß 3 Zoll ist danach = 3,50 m. Den drei Angaben an der ostfriesischen Küste liegt der preuß. Fuß = 0,314 m zugrunde. Die Fluthöhe war demnach:

bei Norden . . . . 3,61 m,
„ Neßmersiel und Westeraccumersiel . 3,45 „
„ Friedrichssohleuse . . . . . . 3,30 „

Für Dithmarschen gibt Arends die Fluthöhe zu 15 Fuß und für Husum an der nordfriesischen Küste zu 14 Fuß über ord. Flut an. Beide Angaben gehören aber offenbar zu denen, die wie der Verfasser in dem Vorwort zu seinen Mitteilungen andeutet, nicht aus amtlichen Quellen geschöpft sind, denn ohne Zweifel sind sie falsch. In Dithmarschen und Husum wurde 1825 in Deichsachen nach dänischem Fußmaß gerechnet, 1 Fuß = 0,314 m. 15 Fuß wären demnach = 4,71 m und 14 Fuß = 4,40 m, und diese Höhen hat die gedachte Sturmflut an der dithmarsischen und nordfriesischen Küste nicht annähernd erreicht. Für das zu Süderdithmarschen gehörige, am Ausfluß der Elbe gelegene Brunsbüttel hat Arends die Fluthöhe mit 12 Fuß = 3,77 m ungefähr richtig angegeben, sie betrug dort nach sehr sorgfältigen amtlichen Ermittlungen 3,72 m über Mittel-Hochwasser. Für Büsum, an dem äußersten Vorsprung der norderdithmarsischen Deiche, ist sie auf 3,77 m, für Tönning, am Ausfluß der Eider, auf 3,73 m und für die Küstenstrecke des Landes Wursten auf 3,62 m über Mittel-Hochwasser festgestellt worden. Für die nordfriesische Küste gibt Eckermann in seinen Mitteilungen über die Eindeichungen auf Nordstrand und Pellworm im Jahrgang 1895 der Gesellschaft für Schleswig-Holstein-Lauenburgische Geschichte die Höhe der Sturmflut von 1825 auf ungefähr 3,5 m über ord. Flut an, wogegen die Hochflut von 1634, die für die Insel Nordstrand so verderblich war, nach einer Marke in der

Kirche zu Klixbüll nur die Höhe von 3,37 m über gewöhnlichem Hochwasser erreicht hat.

Nach den vorstehenden Angaben ist nicht daran zu zweifeln, daß die gedachte höchste Sturmflut an der ganzen deutschen Nordseeküste annähernd die gleiche Höhe von ungefähr 3,5 m über Mittel-Hochwasser gehabt hat.

Um über die zur Zeit vorhandenen Deichhöhen, oder richtiger gesagt über die Deichhöhen, die nach den für die einzelnen Verbände festgesetzten Besticken vorhanden sein sollen, ein übersichtliches Bild zu gewinnen, sind diese Höhen für die sämtlichen Seedeiche an der deutschen Nordseeküste in Form eines Längenschnitts zusammengestellt worden (s. Abh. 1 Bl. 1 u. 2). In dem Längenschnitt sind außer den Deichhöhen noch die höchste Sturmfluthöhe, sowie für jeden Verband die Kronenbreite und die Böschungsverhältnisse der Deiche eingetragen. Auch die Lage und Ausdehnung der Schardeichstrecken ist darin angegeben.

Aus dieser Darstellung geht hervor, daß die Abmessungen der Deiche, die hinter den ost- und nordfriesischen Inseln liegen, im allgemeinen nicht oder nur wenig geringer sind, als an den zwischen den beiden Inselreihen liegenden Küstenstrecken. Dies gilt sowohl von den Deichhöhen, als von den Kronenbreiten und Böschungsverhältnissen. Auffallend geringere Höhen als alle übrigen zeigen nur einige ostfriesische Deichstrecken, die zwischen den Steindeichen der Wester- und Lintelermarsch und der Deich- und Sielacht Esens liegen. Diese haben nur eine Kronenhöhe von 4,04 bis 4,12 m über gewöhnlichem Hochwasser oder von 0,54 bis 0,62 m über der höchsten Sturmfluthöhe. Diese geringe Höhe kann nur deshalb als ausreichend angesehen werden, weil die Deiche im Schutz von eingedeichten Poldern liegen, so daß nicht sie, sondern die Polderdeiche den Angriff der Meereswellen auszuhalten haben. Sie sind also nicht eigentlich Seedeiche, sondern ihrer Lage nach Mittel- oder Schlafdeiche und können deshalb für den hier anzustellenden Vergleich nicht in Betracht kommen. In gleicher Lage befinden sich die ostfriesische Deichstrecke hinter dem Buscher-Polder

und die Jeversche Deichstrecke hinter dem Neu-Augusten- und dem Neu-Friederiken-Groden. Beide sind zwar wesentlich höher als die vorhergenannten Deiche, müssen aber ihrer Lage nach für den Vergleich mit den eigentlichen Seedeichen ebenfalls ausfallen.

An den Stellen der zwischen den beiden Inselreihen liegenden Außenstrecken, die am weitesten vorspringen, betragen die Deichhöhen über Mittel-Hochwasser:

im Lande Wursten zwischen der Elbe- und Wesermündung	5,26 m,
an der westlichen Spitze des Friedrich VII-Koogs in Süderdithmarschen	5,96 „
bei Büsum in Norderdithmarschen . .	5,65 bis 6,00 „
bei Westerhever in Eiderstedt	6,00 „

Von den ost- und nordfriesischen Deichen, die hinter den Inseln liegen, haben die Strecken, die nicht durch vorliegende Polder oder breites Vorland geschützt sind, folgende Höhen:

Ostfriesische Deiche:

Wester- und Lintelermarscher Steindeich	5,55 bis 5,70 m,
Ostermarscher Deiche, 1. Distrikt	5,70 „
„ „ (am Vinkeheller) . . .	5,26 „
Deich- und Sielacht Esens Schardeich	5,50 „
Gründeich bis zur oldenburgischen Grenze . . .	5,26 „
an der preußisch-oldenburgischen Grenze (goldenen Linie)	5,33 „
vom Friedrichsgroden bis Schillighörn . .	5,47 bis 5,60 „

Nordfriesische Deiche:

die westlichen Deiche des Simonsberger Koogs und zwischen diesem Koog und der Finkhaushallig .	6,00 „
die des Hattstedter-Koogs, Reußenkoogs und die Ockholmer Deiche im II. Deichband	5,40 „
die gefährdetsten Strecken des Fahretofter, des Dagebüller und des Wiedingharder alten Koogs im I. Deichband	5,50 „

Die größten Deichhöhen halten sich demnach sowohl an den hinter den Inseln liegenden, als an den freiliegenden Küstenstrecken zwischen 5,26 und 6,0 m über Mittel-Hochwasser. Eine Ausnahme hiervon macht nur die gegen NW. gelegene ungefähr 1500 m lange Deichstrecke des erst im Jahre 1899 eingedeichten Kaiserin-Auguste-Viktoria-Koogs in Süderdithmarschen, die eine Höhe von + 6,30 m erhalten hat.

Um auch über die Stärkenverhältnisse der Deiche, hinter den Inseln im Vergleich zu denen der Deiche, die keinen Inselschutz haben, ein übersichtliches Bild zu geben, sind in den Abb. 6 bis 9 Bl. 1 u. 2 einige Querschnitte zusammengestellt worden. Von den Deichen ohne Inselschutz ist keiner stärker als der Schardeich an der Westseite des Kirchspiels Büsum in Norderdithmarschen; aber fast ebenso stark ist die hinter Wangeroog liegende Jeversche Schardeichstrecke westlich von Schillighörn (sieh die Querschnitte Abb. 6 u. 7 Bl. 1 u. 2). Nur die Deichkrone ist bei Büsum um 0,40 m höher. Die Kronenbreite, 2,50 m, ist bei beiden gleich, ebenso die innere nnd äußere Böschung, $1:1^1/_2$ nnd $1:5$. Die untere Breite des Deichkörpers beträgt:

	bei Büsum	bei Schillighörn
in der Höhe des mittleren Hochwassers	54,5 m	54,7 m,
in der Höhe von 1 m über Mittel-Hochwasser	51,0 m	49,4 m,
in der Höhe von 2 m über Mittel-Hochwasser	28,5 m	29,7 m,

der Deich-Querschnitt mißt bei Büsnm 149,9, bei Schillighörn 145,7 qm.

Die Abb. 6 Bl. 1 n. 2, die außer dem Querschnitt des im Inselschutz liegenden Schardeiches an der Nordküste von Jever noch den des Schardeiches an der Nordwestküste von Butjadingen darstellt, läßt ersehen, daß auch diese beiden Deiche in ihrer Höhe und Stärke nur sehr wenig von einander abweichen.

In der Abb. 7 Bl. 1 u. 2 sind die Querschnitte des Steindeiches bei Büsum und der hinter den nordfriesischen Inseln



liegenden Schardeiche bei der Finkhaushallig und bei Dagebüll derartig zusammengetragen, daß die Stärkenverhältnisse danach leicht zu übersehen sind. Die Deiche bei Büsum und bei der Finkhaushallig haben gleiche Höhe und auch annähernd gleiche Stärke. Der Steindeich bei Dagebüll ist 0,50 m niedriger, aber er hat ebenso wie der Deich bei der Finkhaushallig eine größere Kronenbreite als der Deich bei Büsum, 3,8 m gegen 2,5 m. Die äußere Böschung ist an den beiden Deichen hinter den Inseln im oberen Teile 1 : 3, im unteren bis zum Anfang der Berme 1 : 10, bei dem Büsumer Deich in der ganzen Höhe zwischen Deichkrone und Berme 1 : 5. Die Breite der Berme ist bei jenen etwas größer, dagegen liegt die Oberkante der Steinböschung um 0,3 m niedriger als bei Büsum. In der Querschnittsfläche stimmen die Deiche bei Büsum und bei Finkhaushallig ganz annähernd überein, der Querschnitt des Dagebüller Deiches ist gegen den des Deiches bei Büsum um 10,10 qm = ungefähr 6,7 v. H. geringer.

Die Abb. 8 u. 9 Bl. 1 u. 2 enthalten noch einige Querschnitte von Deichstrecken mit grünem Vorland, von solchen mit und ohne Inselschutz. In Abb. 8 sind die hinter den ostfriesischen Inseln liegenden Ostermarsch - Deiche am Vinkeheller mit dem freiliegenden Seedeiche des Landes Wursten zwischen der Weser- und Elbemündung zusammengestellt. Die beiden Deiche zeigen einen geringen Unterschied nur in der Kronenbreite, 2,92 m bei dem Ostermarscher gegen 2,34 m bei dem Land Wurstener Deiche, in den Höhen- und Böschungsverhältnissen stimmen beide ganz überein. Abb. 9 enthält eine Zusammenstellung der Deichquerschnitte des im Jahre 1860 erbauten neuen Friedrichskoogs bei Hoyer und des in den Jahren 1872/73 erbauten Kaiser-Wilhelm-Koogs in Dithmarschen. Jener liegt an der nordfriesischen Küste im Schutz der Insel Sylt, dieser nahe der Elbmündung, bei westlichen und nordwestlichen Stürmen gegen den Angriff der Meereswellen ohne jeglichen Insel- oder Küstenschutz. Und auch diese Deiche zeigen in ihren Höhen- und Stärkeverhältnissen keine großen Unterschiede.

VERLAG VON WILHELM E

Soeben ist erschienen:

BEIT

Z

GEWÄSSERKUNDE
WASSERS

(GEBIET DER HA

BEAR

VO

VERWALTUNG DER MÄRKISCHE

image
not
available

Der Deich an der Elbmündung ist um 0,46 m höher und hat nach innen eine etwas flachere Böschung, der andere hat dagegen eine größere Kronenbreite und nach unten eine flachere Außenböschung. Also nur geringe Unterschiede in der Form, die Querschnittsflächen und dementsprechend auch die Kosten der Herstellung sind bei beiden ganz annähernd gleich.

Kurz zusammengefaßt, haben die vorstehenden Darlegungen in betreff des Wertes der Inseln als Schutzwehren für die Festlandküste ergeben:

1. daß ein förderlicher Einfluß der Inseln auf die Anlandungen an der Küste in den letzen zwei Jahrhunderten nicht erkennbar gewesen ist;
2. daß die Entstehung der in der Unterhaltung sehr kostspieligen Schardeiche durch die Inseln weder verhütet, noch im Vergleich mit anderen Küstenstrecken abgeschwächt worden ist;
3. daß auf dem äußersten Teil einer völlig ungeschützten Wattfläche zwischen der Elb- und Eidermündung in den letzten 50 Jahren eine Marschinsel mit Dünenrand neu entstanden und bis in die jüngste Zeit von Jahr zu Jahr größer geworden ist;
4. daß die Inseln auf die Feststellung der Höhen- und Stärkeverhältnisse der Deiche keinen fühlbaren Einfluß gehabt haben.

Diesen aus der Erfahrung entnommenen Tatsachen gegenüber, die nach eingehenden und zuverlässigen Ermittlungen festgestellt sind, erweist sich alles, was von Plener und vielen anderen vor und nach ihm über die große Bedeutung der Inseln als Schutzwehren für die Festlandküste gesagt worden ist, als unzutreffend. In dem Hinweise auf die Unentbehrlichkeit der Inseln für den Küsten- und Deichschutz ist daher eine durchschlagende Begründung für die Notwendigkeit von Schutzbauten an solchen Inseln, wo der Wert der zu schützenden Grundstücke an sich zu gering ist, um die für die Schutzbauten aufzuwendenden Kosten zu rechtfertigen, nicht zu erblicken.

Untersuchungen über die Notwendigkeit von Schutzwerken zur Erhaltung der Inseln.

Zur weiteren Klärung der Verhältnisse, um die es sich hier handelt, ist aber noch auf die Frage näher einzugehen, ob denn, wie von so vielen Seiten behauptet wird, die Ufer- und Dünenabbrüche an den ungedeckten Inseln wirklich derartig sind, daß, wenn keine Schutzwerke gebaut werden, in absehbarer Zeit ihre völlige Zerstörung befürchtet werden muß.

Die ältesten Nachrichten über die Inseln.

Die Nachrichten über die an den ost- und nordfriesischen Inseln vorgekommenen Veränderungen sind, wie Topographen und Geschichtsforscher übereinstimmend berichten, für den Zeitraum von der ersten geschichtlichen Erwähnung der Inseln an bis zum 15. Jahrhundert sehr dürftig. Nach Herquet: „Die Insel Borkum in kulturgeschichtlicher Hinsicht, Emden und Borkum 1886" erscheint die ganze ostfriesische Inselkette geschichtlich zum erstenmal in einer Urkunde vom 11. September 1398, wonach Witzel und Volmar Allena ihr Eigentum zwischen Jade und Ems, namentlich die dazu gehörenden Eilande: „Borkyn (Borkum), Just, Buise, Osterende (Norderney), Balteringe, Langoch, Spikeroch und Wangeroch" dem Herzog Albrecht von Bayern, Grafen von Hennegau, Holland, Seeland und Herrn von Friesland auftragen, um es fortan aus seiner Hand als Lehen zu besitzen. Dieselbe Urkunde wird auch von Bartels in seinen „Fragmenten zur Geschichte des Dollarts" im zweiten Bande des Jahrbuchs der Gesellschaft für bildende Kunst und vaterländische Altertümer, Emden 1875, erwähnt, im Anschluß an die Widerlegung einer von Arends[5]) aufgestellten Vermutung über den Umfang der ehemaligen Insel Bant. Arends stimmt mit den meisten ostfriesischen Schriftstellern der an der Küste und auf den Inseln weitverbreiteten Überlieferung bei, daß die jetzigen Inseln Borkum und Juist miteinander und

5) F. Arends, Physische Geschichte der Nordseeküste und deren Veränderungen durch Sturmfluten, Emden 1833.

mit den erst im 18. Jahrhundert völlig verschwundenen Buise und Bant in einer großen Insel namens Bant vereinigt gewesen sind. Es wird ferner von ihm — und später auch von dem Wasserbauinspektor v. Horn in seinem „Versuch einer Geologie der ostfriesischen Marschen, Emden 1862 — die Ansicht vertreten, daß die Insel Bant sich nach Süden noch über einen Teil des jetzigen Festlandes, der sogenannten Krummen Hörn ausgedehnt habe. Bartels nimmt — unter Hinweisung darauf, daß Buise und Norderney unmittelbar zusammen lagen und daß Norderney ursprünglich als Osterende bezeichnet wurde, also wohl das östliche Ende eines größeren Ganzen gewesen sein müsse — an, daß die Insel Bant vor ihrer Zertrümmerung nicht nur Borkum, Juist, Bant und Buise, sondern auch noch Norderney mit umfaßt habe; in betreff der Hinzurechnung eines Teils vom jetzigen Festlande weist er dagegen unter Angabe der Quellen nach, daß das unmöglich richtig sein kann. Bleibt hiernach die Größe der ehemaligen Insel Bant zweifelhaft, so ist auch über die Zeit ihrer Zerstücklung bisher etwas Bestimmtes nicht ermittelt worden. Und sehr auffällig erscheint es — besonders im Vergleich mit den nordfriesischen Inseln, wo, wie wir später sehen werden, der Untergang einer ganzen Zahl von Kirchspielen im 14. Jahrhundert urkundlich nachgewiesen ist —, daß man für diese große Insel Bant nicht einmal den Namen eines einzigen untergegangenen Dorfes anzugeben weiß.[6]) Bartels glaubt mit Sicherheit sagen zu können, daß die Zerstücklung der Insel in die Zeit von 1100 bis 1398 fällt, obgleich nähere Berichte hierüber, wie über die Inseln überhaupt, aus diesem großen Zeitraum fehlen. Er führt an, daß Borkum, soweit bekannt, kirchlich und politisch immer mit den Münsterschen Gauen verbunden gewesen ist, daß zur Zeit Adams von Bremen — der gegen 1100 starb — auch die Insel Bant zu Münster gehörte, daß dagegen im späteren Mittelalter Bant nicht zu Münster, sondern zur Diözese Bremen gehört hat, und knüpft hieran die Frage: „wie wäre

6) F. Arends, Physische Geschichte der Nordseeküste, Emden 1833, Band I, S. 352.

das möglich, wenn nicht Borkum und Bant von einander getrennt, mit anderen Worten, wenn nicht eine Zerstücklung der Insel Bant, wie sie die Tradition berichtet, eingetreten wäre?" Unter Hinweisung auf die bereits erwähnte Urkunde vom 11. September 1398, in welcher Borkum, Juist, Buise und Osterende bereits als selbständige Inseln aufgeführt werden, kommt er dann zu dem Schluß, daß die Zerstücklung von Bant in die Zeit nach 1100 und vor 1398 fallen müsse. Diese Beweisführung ist ganz klar, aber sie hat zur Voraussetzung, daß Bant und Borkum vor 1100 mit einander verbunden waren und zusammen eine Insel bildeten, die in ihrer Gesamtheit ursprünglich Borkum und später Bant genannt wurde. Dafür scheinen aber urkundliche Belege bisher nicht gefunden zu sein. Herquet[7]) beginnt seine kulturgeschichtlichen Betrachtungen über Borkum mit der Bemerkung, daß über die ostfriesische Küste von der Zeit an, als die Römer dort festen Fuß zu fassen suchten, bis zum Beginn der Karolingerherrschaft keine geschichtliche Nachrichten vorhanden sind, und sagt dann von der großen Insel „Bant", die derzeit dem Christentum gewonnen war: „Es war wohl ein und dieselbe Insel, die zu Zeiten der Römer „Borkum" und zu denen der Karolinger „Bant" hieß." Geschichtliche Quellen haben ihm hierüber offenbar keine Gewißheit verschafft, er stellt das, was Bartels bei seinen Erörterungen über die Zerstücklung von Bant als erwiesen angenommen zu haben scheint, nur als Vermutung auf. Und auch in betreff der Zeit, wann die Zerstücklung sich vollzogen hat und die einzelnen Teile mit Sondernamen auftreten, sagt Herquet, daß hierüber wie über die frühere Gestaltung der ostfriesischen Küste und die Größe der vor ihr lagernden Inseln nur Vermutungen aufgestellt werden können. Bis zum Anfange des 15. Jahrhunderts sind demnach die Nachrichten über die Umgestaltungen, die sich unter der Einwirkung der Naturkräfte an den Inseln vollzogen haben, so spärlich und verschleiert, daß ein auch nur einigermaßen klares

7) Karl Herquet, a. a. O.

Bild dieser Vorgänge daraus nicht gewonnen werden kann. — Auch über die Veränderungen an den nordfriesischen Inseln wissen wir aus dieser älteren Zeit noch recht wenig. In der Danckwerthschen „Neuen Landesbeschreibung“ von 1652 findet sich eine Karte von dem alten Nordfriesland aus dem Jahre 1240, worin das ganze Gebiet des jetzigen Wattenmeeres bis weit über die westlichen Grenzen von Röm, Sylt und Amrum hinaus als ein von vielen Stromrinnen durchzogenes, an das jetzige Festland sich unmittelbar anschließendes Landgebiet dargestellt wird, und worin ferner als eine Verlängerung der jetzigen Halbinsel Eiderstedt eine Landschaft „Süderstrand“ angegeben ist, die sich weit in die offene See hinaus bis in die Nähe von Helgoland vorschiebt. Die Text-Abb. 2 zeigt diese Karte im verkleinerten Maßstabe. Eine ganz ähnliche Karte von dem alten Nordfriesland und zwar ebenfalls aus dem Jahre 1240, abgedruckt in Text-Abb. 1, findet sich — ohne Quellenangabe — auf Seite 150 in der neuesten Ausgabe des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften von Franzius und Sonne, III. Band, 3. Abt. Danckwerth gibt deutlich zu erkennen, daß er der von ihm mitgeteilten Karte nur wenig Wert beigelegt hat. Denn obgleich er sie mit einer anderen Karte von Nordfriesland aus dem Jahre 1651 auf einem Doppelblatt zusammengestellt hat, offenbar in der Absicht, den großen Landverlust, der danach in der Zwischenzeit von reichlich 400 Jahren eingetreten sein müßte, übersichtlich zu veranschaulichen, läßt er sich



Abb. 1.
Westküste von Schleswig.

(Aus Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 3. Band. Der Wasserbau. 3. Abt. Wasserbau am Meere und in Strommündungen. Von L. Franzius u. Ed. Sonne. Abb. 1 S. 150.)

doch mit keinem Worte darauf ein, diesen Verlust zu erklären. Er beschränkt sich darauf, seine Mitteilungen über die Zerstörungen, die durch große Wasserfluten in Nordfriesland angerichtet sind, mit einer kurzen Bemerkung über die Entstehung jener Karte zu schließen, die ihre völlige Wertlosigkeit deutlich genug erkennen läßt und folgendermaßen lautet:

„So viel endlich die Land-Carten des alten Nord-Frießlandes anreichet, zeuget der Königl. Mathem. Johannes Meyer, daß er fleißig den Tiefen nachgefahren, und alte glaubwürdige Männer jederzeit zu Gefehrten mit sich genommen, welche ihm die Oerter, wo die Kirchen und Dörfer belegen, ja die ganze Gegend gezeiget haben, wonach er dann die Carten formieret und in Grund geleget habe."

Franzius hat dagegen an der Zuverlässigkeit seiner Karte, die allem Anscheine nach eine etwas ungenaue Nachbildung der vorbezeichneten Meyerschen Karte aus dem Jahre 1240 ist, offenbar nicht gezweifelt, denn er hat die jetzige Küstenlinie und die Inseln und Halligen nach ihrer jetzigen Lage und Größe in die Karte eintragen lassen, um, wie er a. a. O. sagt, von dem seit 1240 fortgeschwemmten Lande eine anschauliche Darstellung zu geben. Er verweist dabei in einer Fußnote auf die Mitteilungen von Plener in der Hannoverschen Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins, Jahrg. II.

Die Meyerschen Karten des alten Nordfrieslands haben trotz der vorerwähnten sehr abfälligen Äußerung Danckwerths über ihre Entstehung noch hin und wieder Verteidiger gefunden. Aber schon Professor Falck schreibt in seiner Vorrede zu der von ihm herausgegebenen Nordfriesischen Chronik Anton Heimreichs, Tondern 1819, daß man nach einer fast allgemeinen Meinung der neueren Zeit diese Karten „eher als eine Dichtung ansieht, und ihnen nur einen sehr geringen historischen und geographischen Wert einräumen will." Wie zutreffend diese Meinung war, ist durch Untersuchungen aus jüngster Zeit ganz außer Zweifel gestellt.[8]) Urkunden, die in dänischen

8) S. die sehr eingehenden Untersuchungen von P. Lauridsen über den Wert der Meyerschen Karten in der dänischen „Historisk Tidsskrift", Kopenhagen 1887/88, S. 239 bis 402.



Abb. 2. Landtcarte von dem Alten Nortfrieslande. Anno 1240.

(Aus: Newe Landesbeschreibung der zwey Hertzogthümer Schleswich und Holstein. Von Johann Mejer und Caspar Danckwerth. Husum 1652.)

Bibliotheken aufgefunden sind, haben über die Entstehung der Meyerschen Karten sehr klare Aufschlüsse gegeben und gezeigt, daß die von F. Geerz in seiner Geschichte der geographischen Vermessungen und der Landkarten Nordalbingiens, Berlin 1859, „zur Ehrenrettung Meyers" enthaltenen Darlegungen auf irrtümlichen Voraussetzungen beruhen. Geerz stützt sich auf eine in der Nordfriesischen Chronik von 1666 an zwei Stellen mitgeteilte Angabe Heimreichs — der ein Zeitgenosse von Meyer war — und betrachtet es danach als feststehende Tatsache, daß Meyer auf der bischöflichen Bibliothek in Kopenhagen „ältere Risse usw." vorgefunden und benutzt hat. Lauridsen aber weist nach, daß irgendwelche geschichtlich sichere Unterlagen, die für eine kartographische Darstellung des alten Nordfrieslands hätten verwertet werden können, dem Verfasser nicht zur Verfügung gestanden haben. Durch spätere Studien ist übrigens auch bei Geerz das Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der Meyerschen Karten sehr erschüttert worden. In den der Kieler Universitätsbibliothek überwiesenen Entwürfen zu einer Denkschrift, die seiner historischen Karte vom Jahre 1886 beigegeben werden sollte, aber nicht zum Abschluß gekommen ist, wird über viele der in der Meyerschen Karte von 1240 angegebenen Ortschaften und Kirchen gesagt, daß sie wahrscheinlich niemals bestanden haben, oder daß ihr ehemaliges Vorhandensein zweifelhaft oder nicht nachweisbar ist. Und in der Geerzschen Karte selbst findet sich die Bemerkung, daß zwischen Eiderstedt und Helgoland eine Landfläche oder Inselgruppe Süderstrand, wie solche in der Meyerschen Karte mit genauer Bezeichnung der Lage von Kirchen, heidnischen Tempeln und sogar der nach dem nahen Helgoland hinüberführenden Fähren dargestellt ist, niemals gelegen hat.

Die völlige Unglaubwürdigkeit der Karte von 1240, die das derzeitige Nordfriesland bis weit über die jetzigen Inselgrenzen hinaus als ein zwar von vielen Wasserläufen durchzogenes Landgebiet, aber im großen und ganzen doch als zum Festlande gehörig darstellt, ist auch durch urkundliche Zeugnisse aus der Zeit vor 1240 erwiesen. Die Insel Sylt

wird schon in einer Urkunde vom Jahre 1141 erwähnt und in einem Anhange zu dem Erdbuche König Waldemars II. vom Jahre 1231 werden alle zur Zeit vorhandenen nordfriesischen Inseln einzeln aufgeführt. Es werden dort folgende 14 bewohnte Inseln als zum „Wästänlande" gehörig namhaft gemacht: Fanö, Mannö, Rymö, Hiortsand, Syld, Ambrum, Föör, Aland, Gästänacka, Hwälä minor, Hwälä maior, Häfrä, Holm und Hälghäland. Nun weist Dr. Reimer Hansen in seinen Beiträgen zur Geschichte und Geographie Nordfrieslands im Mittelalter[9]) nach, daß Gästänacka (Geestnack) wahrscheinlich der Name einer größeren Insel war, die ebenso wie die benachbarte Insel Föhr zum Teil aus Geestland bestand und von der die jetzigen Halligen Nordmarsch und Langeneß die Überreste sind; das ferner mit Hwälä maior und minor das spätere Nordstrand und eine westlich davon liegende Insel bezeichnet wurde, welche die jetzigen Halligen Hooge und Norderoog umfaßte. Häfrä und Holm sind die dorzeitigen Namen für Westerhever und Utholm, Teile des jetzigen Eiderstedt, die im 13. Jahrhundert noch Inseln waren. Die heutigen nordfriesischen Inseln waren also, wenn auch in anderer Form und Größe, derzeit sämtlich schon vorhanden, und es ist demnach als feststehend anzusehen, daß die mitgeteilten beiden Karten von 1240 reine Phantasiegebilde sind, die mit dem derzeitigen Zustande der schleswigschen Westküste nicht die geringste Ähnlichkeit haben.

Wenn Franzius, indem er auf die Mitteilungen von Plener hinweist, der Meinung gewesen zu sein scheint, Plener habe die eben als irrtümlich nachgewiesene Anschauung, daß die nordfriesischen Inseln erst nach 1240 entstanden seien, geteilt, so ist das nicht zutreffend. Denn Plener sagt im Anschluß an eine von ihm aufgestellte Hypothese über die Entstehung der Inseln an der niederländischen und deutschen Nordseeküste ausdrücklich:

„So viel ist gewiß, daß die Entstehung der Inseln in eine sehr frühe Zeitperiode fällt, von welcher uns keine

9) Abgedruckt im 24. Band der Zeitschrift der Gesellschaft für Schleswig-Holstein-Lauenburgische Geschichte, Kiel 1894.

Nachrichten geblieben sind. Zur Zeit der Römer-Feldzüge waren sie längst vorhanden."

Sind hiernach die beiden Karten von 1240 zur Feststellung der an der nordfriesischen Küste seitdem vorgekommenen Veränderungen nicht zu verwerten, so liegt doch die Geschichte dieser Veränderungen nicht ganz so im Dunkeln, wie bei den ostfriesischen Inseln. Daß an den nordfriesischen Inseln ganze Kirchspiele und Dörfer den Meeresfluten zum Opfer gefallen sind, läßt sich aus urkundlichen Zeugnissen nachweisen; unvollständig und zum Teil einander widersprechend sind nur die Nachrichten über die Zeit, wann das geschehen ist, sowie über die Lage der einzelnen Ortschaften und die Begrenzung des untergegangenen Landes. Die Mitteilungen der Chronisten aus dem 16. und 17. Jahrhundert sind, wie Dr. R. Hansen in seinen schon erwähnten Beiträgen zur Geschichte und Geographie Nordfrieslands nachgewiesen hat, für die ältere Zeit, bis ins 14. Jahrhundert hinein, meist unsicher, die zahlreichen Angaben Heimreichs in seiner Nordfriesischen Chronik fast ganz wertlos. Erst durch neuere Forschungen auf diesem Gebiet von demselben P. Lauridsen, der mit so gutem Erfolge den Grundlagen für die Bearbeitung der Meyerschen Karten nachgespürt hat, ist festgestellt worden, daß bis zum Jahre 1440 in den Marschen und auf den Inseln an der schleswigschen Westküste 78 Kirchen und Kapellen infolge von Überschwemmungen durch Sturmfluten untergegangen sind, darunter auf Nordstrand und den umliegenden Halligen 25.[10]) Den Inseln Föhr, Amrum und Sylt gehören keine der untergegangenen Kirchen an. Auf Föhr und Amrum befanden sich im Jahre 1440 dieselben vier Kirchen, die heute noch vorhanden sind; Sylt hatte derzeit ebenfalls vier Kirchen, außer den jetzt vorhandenen noch die im Jahre 1801 abgebrochene Kirche in Rantum. Kurz erwähnt wird in der Urkunde, die Lauridsen als Hauptquelle für seine Untersuchungen be-

10) Siehe P. Lauridsens Abhandlung über die Kirchenzahl des Bistums Schleswig im Mittelalter, in „Historisk Tidsskrift", Kopenhagen 1894/95.

zeichnet, der Verlust von zehn Kirchen auf Sylt, aber nur mit den Worten: „auf Sylt waren vielleicht vormals vierzehn Pfarrkirchen, jetzt sind dort vier“. Zuverlässige Zeugnisse über das ehemalige Vorhandensein und den Untergang dieser zehn Kirchen haben demnach dem schleswigschen Domherrn, der in der Zeit von 1440 bis 1450 die Urkunde verfaßt hat, offenbar nicht vorgelegen, obgleich er nach seiner amtlichen Stellung mehr als die meisten seiner Zeitgenossen in der Lage war, sich über den Verlust von Kirchen in den letzten Jahrhunderten genau zu unterrichten. Hiernach läßt sich ungefähr ermessen, was von den Angaben der Chronisten aus dem 16. und 17. Jahrhundert über die vor 1440 auf den Inseln untergegangenen Kirchen und der erstaunlichen Ortskunde jener „alten glaubwürdigen Männer“ zu halten ist, die noch für eine 400 Jahre zurückliegende Zeit die Lage zahlreicher Kirchen und Ortschaften im Wattengebiet und vor den äußeren Inselküsten derartig anzugeben wußten, daß Meyer danach seine Karte von dem alten Nordfriesland anfertigen konnte.

Von einigen Schriftstellern aus neuerer Zeit ist behauptet worden, daß die ost- und nordfriesischen Inseln nicht nur in ihrer Flächengröße beträchtliche Einbuße erlitten haben, sondern daß seit ihrer ersten geschichtlichen Erwähnung auch ihre Anzahl sehr viel kleiner geworden sei. In dem Buche von Dr. Prestel: „Der Boden, das Klima und die Witterung von Ostfriesland, sowie der gesamten deutschen Tiefebene, Emden 1872“ wird auf S. 69 gesagt:

> „Von den Inseln vom Kanal bis zur Spitze von Jütland, deren Anzahl Plinius zu 23 angibt, sind nur noch 14 vorhanden. Es würde schwer sein, für die fehlenden geschichtlich auch nur die Stelle in der Nordsee anzugeben, wo sie gelegen haben können.“

Und in einem Aufsatze des Generalsuperintendenten Bartels in Aurich: „Ostfriesland in der Römerzeit“, abgedruckt im zweiten Band, Heft zwei, der Gesellschaft für bildende Kunst und vaterländische Altertümer in Emden, heißt es auf S. 5:

„Grundverschieden sind die geographischen Verhältnisse des Inselkranzes, den wir heutzutage an der friesischen Küste kennen, von dem in der Römerzeit. 23 Inseln hatten die Römer in Plinius' Zeit an der deutschen Nordseeküste von Jütland bis an die Rheinmündungen kennen gelernt; heute kennen wir nur halb so viel, wo sind die anderen geblieben?"

Hierauf ist zu erwidern, daß auch heute noch 23 Inseln vollzählig vorhanden sind. Die Inselkette vom Helder bis zur Westküste von Jütland besteht zurzeit aus sechs holländischen Inseln: Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog, Rottum, sechs zu Ostfriesland gehörigen Inseln: Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog, der oldenburgischen Insel Wangeroog, der hamburgischen Neuwerk, der schleswigschen: Helgoland, Pelworm, Nordstrand, Föhr, Amrum, Sylt und Romö und den beiden zu Jütland gehörigen Inseln Manö und Fanö. Macht zusammen 23. Gegen die Zeit der Römer ist also die Zahl der Inseln dieselbe geblieben, die schon erwähnten urkundlichen Nachrichten aus dem 13. und 14. Jahrhundert lassen aber ersehen, daß ihre Zahl derzeit größer gewesen ist. Denn wenn in dem Waldemarschen Erdbuch von 1231 als zu Nordfriesland gehörig vierzehn Inseln aufgezählt werden und wenn angenommen werden darf, daß die acht ostfriesischen Inseln von Borkum bis Wangeroog, die in der auf S. 323 erwähnten Urkunde vom 11. Sept. 1398 benannt sind, auch im 13. Jahrhundert vorhanden waren, so sind das zusammen schon 22. Im 13. Jahrhundert war auch das Kirchspiel Büsum, welches erst zu Anfang des 17. Jahrhunderts mit dem Festlande verbunden ist, noch eine Insel. Mit Büsum, der hamburgischen Insel Neuwerk und sechs holländischen erhöht sich die derzeitige Zahl der Inseln auf dreißig. Von diesen sind außer Büsum auch die vormaligen Inseln Häfra und Holm (Everschop und Utholm) inzwischen landfest geworden, von den derzeitigen Inseln Hiortsand, Aland, Gästänacka und Hwälä minor sind jetzt nur noch Überreste in Gestalt von Halligen vorhanden, Hwälä maior hat sich in die beiden Inseln Nordstrand und Pell-

worm aufgelöst, und Buise ist gänzlich verschwunden. So ist die Gesamtzahl wieder auf 23 zurückgegangen.

Die größere Zahl der Inseln im 13. und 14. Jahrhundert mag vielleicht darin ihren Grund haben, daß einzelne von denen, die zur Römerzeit vorhanden waren, durch die Meeresfluten in mehrere Teile zerlegt und andere erst später durch Abreißen vom Festlande entstanden sind. Ersteres wird, wie wir gesehen haben, von Borkum behauptet, und von den jetzigen holländischen Inseln Texel, Vlieland, Terschelling und Ameland wird angenommen, daß sie zur Römerzeit noch Teile des Festlandes gewesen seien.[11]) Aber sichere Nachrichten sind darüber bisher nicht bekannt geworden, und wir sind über die Vorgänge, die zur Entstehung des Inselbestandes, wie er im 13. und 14. Jahrhundert nachweislich vorhanden war, geführt haben, lediglich auf Vermutungen angewiesen.

Der Zustand der Inseln im 15. und 16. Jahrhundert.

Auch die Nachrichten aus dem 15. und 16. Jahrhundert sind noch so spärlich und unvollständig, daß danach eine zuverlässige Auskunft über die derzeitige Lage und Größe der einzelnen Inseln nicht gewonnen werden kann. Die älteren Chronisten bringen aus jener Zeit schon recht viele Mitteilungen über die an den Festlandküsten eingetretenen Veränderungen, sowohl über die durch Sturmfluten angerichteten Zerstörungen, als über neue Eindeichungen, über die Inseln aber berichten sie sehr wenig. Arends, der in seiner „Physischen Geschichte der Nordseeküste“ die Angaben der älteren Chronisten kurz zusammenstellt, sagt über die Inselreihe von Borkum bis Spiekeroog gar nichts; über Wangeroog wird nur mitgeteilt, daß die Insel noch „vor nicht sehr langer Zeit“ viel größer gewesen sei nnd zwei Kirchen gehabt habe, im Norden und Westen, von denen die erstere mit dem Dorf, „Oldenoge“ genannt, im 14. oder 15. Jahrhundert untergegangen, die Kirche im Westen im 16. Jahr-

11) Bartels im Anschluß an die vorhin angeführte Stelle und Arends, Physische Geschichte der Nordseeküste I. S. 223.

hundert zerstört und das Dorf weiter nach Osten versetzt sei. Von den nordfriesischen Inseln wird aus derselben Zeit nur über verschiedene Eindeichungen und Landverluste auf Nordstrand berichtet. Nach einem Rückblick auf die großen Verwüstungen, die den Sturmfluten von 1300 und 1362 zugeschrieben werden, wird bemerkt, daß die Annalen spätere Verluste an Land während fast 300 Jahren nicht erwähnen, obgleich die Insel derzeit oft von Sturmfluten überschwemmt wurde; ferner daß die Insel nach einer Aufnahme von 1581 noch ungefähr 40800 Demath[12]) — rund 20000 ha, fast 4 Quadratmeilen — Land enthalten habe und von Föhr und Amrum, sowie von dem festen Lande im Osten nur durch ein schmales Wasser getrennt gewesen sei. Tatsächlich war die Entfernung der Insel vom Festlande so gering, daß mehrfach an die Herstellung eines festen Dammes zwischen beiden gedacht wurde. Die urkundlichen Beweisstücke hierfür werden von Eckermann in einem Bericht über die Bedeichungen auf Nordstrand und Pellworm im Jahrgang 1895 der Zeitschrift der Gesellschaft für Schleswig-Holstein-Lauenburgische Geschichte angeführt. Die Umrisse der Insel können erst für die Zeit kurz vor der großen Flut von 1634 mit einiger Sicherheit festgestellt werden, ihre Größe wird nach einer unmittelbar vor dieser Flut erfolgten Aufmessung zu 43134 Demath 163 Ruten angegeben. In der Zeit von 1581 bis 1634 würde hiernach, wenn die Aufnahmen in den beiden Jahren den gleichen Grad von Genauigkeit hatten, kein Land verloren gegangen, sondern sogar noch ein kleiner Zuwachs entstanden sein. Den Zustand der Insel und ihrer nächsten Umgebung um das Jahr 1634 zeigt die Abb. 9 Bl. 3 und 4.[13]) Ungefähr dieselbe hufeisenförmige Gestalt, wie nach dieser Karte, hatte die Insel wahrscheinlich schon zu Anfang des 15. Jahrhunderts. Durch die Allerheiligenflut von 1436 wurde dann Pellworm von dem anderen Teile der Insel abgetrennt, bei einer Hochflut im Jahre 1483 ent-

12) 1 Demath = 0,4925 ha.

13) Nach Geerz, Historische Karte von den nordfriesischen Inseln. Berlin 1888.

stand westlich von Pellworm bei Walthusum — s. die Karte — ein Deichbruch, durch den eine tiefe Stromrinne bis weit in das Land hinein eingerissen wurde. Erst 1550 oder 1551, nach vielen vergeblichen Anstrengungen, gelang es, die beiden Deiche, die das in der Karte als Norder-Nie-Koog bezeichnete Gelände an der Ost- und Westseite einschließen, durchzuführen und dadurch die Verbindung zwischen den beiden Inselteilen wieder herzustellen. Der östlich an den Norder-Nie-Koog grenzende Hensbeckkoog wurde erst 1624 eingedeicht. Versuche, diese östlichen Vorländereien einzudeichen, waren schon in den Jahren 1555 und 1577 gemacht worden, aber beide Male gescheitert. Ebenso mißlang im Jahre 1570 ein Versuch, das im Norden der Insel zwischen Bnptee und Volgsbüll belegene Vorland einzudeichen; der teilweise schon fast fertige Deich wurde durch eine Hochflut desselben Jahres zerstört; durchgeführt wurde eine Bedeichung an dieser Stelle — die in der Karte, Abb. 9 Bl. 3 u. 4, als Amsingkoog bezeichnet ist — erst in den Jahren 1624 bis 1626. In betreff der übrigen nordfriesischen Inseln wird aus dem 15. und 16. Jahrhundert — nach Danckwerth S. 76. — nur noch erwähnt, daß Manö durch die Flut von 1416 viel verloren habe. Vorher sei sie noch zwei Meilen lang, eine Meile breit gewesen und habe drei Kirchspiele gehabt, wovon das letzte, bei Alt-Manö, 1558 vergangen sei. Um 1650 war sie in zwei Teile zerrissen, 800 Ruten = rund 3000 m lang und 100 Ruten oder ungefähr 375 m breit.

Das ist in kurzer Zusammenstellung so ziemlich alles, was über die Umgestaltung der Inseln im 15. und 16. Jahrhundert von den Chronisten aufgezeichnet und aus einigen erst in neuerer Zeit aufgefundenenUrkunden bekannt geworden ist. Bei dem gänzlichen Mangel an Karten aus jener Zeit viel zu wenig, um von den Abbrüchen und Anlandungen an den einzelnen Inseln und von den Verschiebungen, die in ihrer Lage zueinander innerhalb der beiden Hauptinselgruppen eingetreten sind, eine deutliche Vorstellung gewinnen zu können. Nur die Insel Nordstrand macht insofern eine Aus-

nahme, als von ihr eine Karte vorhanden ist, die den Zustand am Ende des 16. Jahrhunderts darstellt, und als es, wie wir gesehen haben, mit Hilfe dieser Karte möglich ist, sich über die aus dem 14., 15. und 16. Jahrhundert berichteten Vorgänge auf der Insel ein ziemlich deutliches Bild zu machen.

Veränderungen an den Inseln in den letzten drei Jahrhunderten.

Sehr viel bessere Unterlagen zur Feststellung der an den Inseln vorgekommenen Veränderungen stehen uns für die letzten drei Jahrhunderte zur Verfügung. Nicht nur, weil die schriftlichen Nachrichten mit der Zeit zuverlässiger und vollständiger werden, sie erhalten noch eine sehr wesentliche Ergänzung durch die zu verschiedenen Zeiten aufgenommenen Karten.

1. Die ostfriesischen Inseln.

Von Ostfriesland haben wir eine recht gute Karte aus dem Anfange des 17. Jahrhunderts von Ubbo Emmius. Sie ist im Jahr 1616 — oder 1617 — als Anlage zu seiner „Rerum Frisicarum Historia" veröffentlicht worden und bildet die Grundlage, auf welche sämtliche spätere Karten Ostfrieslands auctore Ubbone Emmio zurückzuführen sind.[14]) Zwei noch ältere Karten, die eine von 1568, die andere von 1579, sind mitgeteilt als Beilagen zu einer Druckschrift: Wilhelm Gnapheus, ein Lehrer aus dem Reformations-Zeitalter, von Dr. H. Babucke, Emden 1875. Aber beide stehen, was Vollständigkeit und Genauigkeit anbetrifft, gegen die Karte von Ubbo Emmius und deren Nachbildungen weit zurück, uud es würde mehr als gewagt sein, aus den Abweichungen in den Küstenlinien zwischen den beiden älteren Karten und denen nach Ubbo Emmius irgend welche Schlüsse auf die inzwischen eingetretenen Zerstörungen oder Anlandungen ziehen zu wollen.

---

14) Dr. G. Berthold: Die Karten Ostfrieslands, auctore Ubbone Emmio, im 13. Band des Jahrbuches der Gesellschaft für bildende Kunst und vaterländische Altertümer, Emden 1899.

Leider ist der Teil der Karte von Emmius, der sich auf die Inseln bezieht, sehr viel weniger sorgfältig bearbeitet, als die Darstellung des Festlandes. Auf der Karte von dem Festlande stimmt die Lage der Städte, Kirchen und Dörfer mit den Karten der königl. preuß. Landesaufnahme von 1881 ziemlich gut überein, und auch von den Küstenlinien ist, wenn man die seit 1600 an einigen Uferstrecken nachweislich vorgekommenen Abbrüche und die an anderen eingetretenen Verlandungen berücksichtigt, anzunehmen, daß sie den derzeitigen Zustand einigermaßen richtig darstellen. Die auf der Karte angegebene Lage und Gestalt der Inseln läßt sich aber, wie nachfolgend näher dargelegt werden wird, mit den urkundlich beglaubigten Nachrichten aus dem 17. Jahrhundert und mit den Ergebnissen späterer Messungen so wenig in Einklang bringen, daß sie unmöglich richtig sein können.

Die Abb. 8 Bl. 3 und 4 zeigt eine nach der Aufnahme von 1881 verkleinerte Karte von Ostfriesland, in welche die Uferlinien des Festlandes und der Inseln nach der Karte von Emmius eingetragen sind. Die Eintragung ist erfolgt nach den Entfernungen von den der Küste naheliegenden größeren Ortschaften, deren Lagen in der älteren Karte mit denen in der neueren zwar nicht genau, aber meist doch ungefähr übereinstimmen. An der Festlandküste liegt die gegenwärtige Uferlinie gegen die nach der Karte von Emmius teils nach der Landseite zurück, teils nach der Seeseite vor. Ersteres an der Wester- und Lintelermarsch, vor und westlich von Neu-Harlingersiel und an der Nordostecke der Landschaft Jever, westlich und südlich von Schillighörn, letzteres zwischen Nessmer- und Benser-Siel und besonders zu beiden Seiten der Grenze zwischen Jever und Ostfriesland, wo die tiefe Einbuchtung, welche die Emmiussche Karte zeigt, völlig verschwunden ist.

Hiermit fast ganz übereinstimmend sind die Nachrichten, die Arends in seiner „Physischen Geschichte der Nordseeküste“ I 354 über die in den letzten Jahrhunderten an der Festlandküste eingetretenen Uferabbrüche und Anlandungen

gibt. Über die Nordwestseite des Amtes Norden — Wester- und Lintelermarsch — wird dort gesagt, daß der Deich dem Andrange der See stark ausgesetzt sei, das früher dort vorhandene — auf der Karte von Emmius noch angegebene — Vorland sei jetzt (1833) ganz verschwunden, ein kleines Dorf, Idzingadorf — welches in der Karte von Emmius ebenfalls noch angegeben ist — sei in der Flut von 1717 größtenteils zerstört und demnächst ausgedeicht worden. Die ganze übrige Nordseite der Provinz, sowie des angrenzenden Jeverlandes sei mit altem und neuem Polderlande besetzt; in früheren Zeiten habe jedoch die See eingegriffen, besonders das Amt Esens —, also etwa die Strecke zwischen Benser- und Harlingersiel, wo die Deiche ebenso, wie an der Nordwestseite des Amtes Norden auch heute noch ohne Vorland sind — habe starken Abbruch gelitten. Der Harlebusen zwischen Ostfriesland und der Herrschaft Jever, früher zwei Meilen breit und eine Meile tief, sei ganz zugewachsen, ein kleiner Teil sei schon im 16. Jahrhundert eingedeicht, der letzte, der Schwerinsgroden, im Jahre 1804.[15]) Dies alles entspricht, wie man sieht, ganz der Darstellung in den beiden Karten, nur der große Abbruch an der Nordostspitze der Landschaft Jever wird von Arends nicht erwähnt. Daß aber hier im 17. und 18. Jahrhundert ein starker Abbruch stattgefunden hat und die Deiche wiederholt zurückgelegt werden mußten, wird von Tenge in seiner vorbezeichneten Abhandlung über den Jeverschen Deichband bezeugt. Die mutmaßliche Linie der Bedeichung von 1545 ist auf Bl. 11 der dieser Abhandlung beigegebenen Karten angedeutet und danach in die Abb. 8 Bl. 3 und 4 eingetragen worden. Sie tritt gegen die von Emmius angegebene Uferlinie recht weit zurück, zeigt aber doch, daß dort nach 1545 viel Land verloren gegangen ist.

Der älteste uns erhaltene Bericht über den Zustand der ostfriesischen Inseln ist vom Oktober 1650. Er erstreckte

15) Näheres über die Eindeichungen ist zu ersehen aus O. Tenge, Geschichte und Beschreibung der Deiche usw. im Jeverschen Deichbande, Oldenburg 1884.

sich indes nur auf die Inseln Borkum, Juist, Norderney und Baltrum, sowie auf die beiden inzwischen untergegangenen Bant und Buise und wird mitgeteilt von Bartels im 4. Bericht des Jahrbuches der Gesellschaft für bildende Kunst und vaterländische Altertümer, Emden 1880, nach einer Abschrift, die sich in der Bibliothek der ostfriesischen Landschaft befindet. Bartels bemerkt dazu, daß das Original und die Karten anscheinend nicht mehr vorhanden sind und der Name des Verfassers nicht angegeben ist. Über Borkum, Juist und Norderney haben wir noch einen Bericht vom 20. Juli 1657[16]) von einer Kommission, die in jenem Jahre die drei Inseln besucht hatte. Die schon an sich nicht zu bezweifelnde Glaubwürdigkeit dieser beiden Berichte wird noch dadurch erhöht, daß ihre Angaben im großen und ganzen übereinstimmen.

Nach den genannten Berichten hatte die Insel Borkum derzeit ebenso wie jetzt zwei größere Dünengruppen, das Ostland und Westland. Die Lücke zwischen beiden wird in dem Bericht von 1650 als „das große Gatt" bezeichnet; sie bestand aus einer hohen ebenen Wattfläche, 525 Ruten breit, die nur bei Sturmfluten überschwemmt wurde. Auf der Insel standen damals 44 Häuser und ein hoher Turm, der in den Jahren 1571 bis 1576 zum Besten der Schiffahrt von der Stadt Emden gebaut worden war. Über die Größe der Insel läßt sich aus beiden Berichten eine deutliche Vorstellung nicht gewinnen. Die wenigen Zahlenangaben in dem Bericht von 1650 lassen aber vermuten, daß die Insel derzeit nicht wesentlich größer gewesen ist, als heute. Nur zwei Maße sind angegeben, die für die Größenbestimmung einen Anhalt geben: die Länge der Insel von der „vor wenig Jahren herfürgebrochenen Düne, die Sterenklippe geheißen",

16) Mitteilungen und Auszüge daraus in:

Arends, Geschichte der Nordseeküste I S. 357.

Karl Herquet, Die Insel Borkum in kulturgeschichtlicher Hinsicht. S. 27.

Derselbe, Geschichte der Insel Norderney 1398 bis 1711, im neunten Band des Jahrbuchs der Gesellschaft für bildende Kunst und vaterländische Altertümer, Emden 1890.

bis an die Osterems = 1065 Ruten oder 4015 m und die Entfernung der Sterenklippe von der Wolde = 1630 Ruten oder 6145 m. Nach späteren Karten liegt die Sterenklippe an der südlichen Spitze der Ostlandsdünen und die Wolde an der Südseite des Westlandes (s. die Karte Abb. 7 Bl. 3 u. 4). Dazu würde aber die Angabe: „Länge der Insel von der Sterenklippe bis an die Osterems" nicht passen; als Länge der Insel könnte nur die Entfernung von der Sterenklippe nach der nordwestlichen Spitze des Westlandes, die nicht an der Osterems, sondern an der Westerems liegt, bezeichnet werden. Aber nach einer Karte von 1713[17]) beträgt diese Entfernung nicht 4015 sondern ungefähr 7300 m, die Entfernung der Sterenklippe von der Wolde nicht 6145 sondern nur etwa 5300 m, und daß die Form und Ausdehnung der Insel sich in dem Zeitraum von 1650 bis 1713 so verändert haben könnte, ist nicht anzunehmen. Die Breitenabnahme von ungefähr 800 m könnte man vielleicht noch für möglich halten, aber daß eine Längenzunahme von mehr als 3000 m in dem kurzen Zeitraum von 63 Jahren nicht eingetreten sein kann, ist mit Sicherheit daraus zu schließen, daß in dem Bericht zu der vorerwähnten Karte von 1713 nichts davon erwähnt ist. Es muß demnach angenommen werden, daß die gedachten Maße oder die Lage der gemessenen Linien unrichtig angegeben sind, jedenfalls lassen sie sich zu einer wenn auch nur annähernden Feststellung der derzeitigen Form und Gröse der Insel nicht verwerten.

Nach der Karte von Emmius hat die Insel eine Länge von rund 9200 m und eine größte Breite von 3500 m. Sie zeigt zwei Dünengruppen und stimmt also darin mit den vorgedachten Berichten überein; aber weder der im Jahr 1576 vollendete hohe Turm noch das Dorf, das schon im Jahr 1606 einen Prediger und eine Bevölkerung von 164 Seelen hatte,[18]) ist in der Karte angedeutet. Die Lage der Insel fällt, wie die Abb. 8 Bl. 3 und 4 ersehen läßt, mit

17) Mitgeteilt als Anhang zu: Karl Herquet, Die Insel Borkum in kulturgeschichtlicher Hinsicht.

18) Karl Herquet a. a. O. S. 9.

der Aufnahme von 1881 ungefähr zusammen; aber es unterliegt keinem Zweifel, daß wenigstens die Nordwestküste dem derzeitigen Zustande nicht entsprochen haben kann. Denn diese Küste müßte danach in den fast drei Jahrhunderten, die zwischen den Aufnahmen der beiden Karten liegen, nicht nur nicht zurückgegangen sein, sondern sich um mehr als 1 km seewärts vorgeschoben haben. Daß dies nicht geschehen ist, dafür haben wir einen sicheren Beweis in dem vorerwähnten Turm, der nach der Karte von Emmius außerhalb der damaligen Inselgruppe hätte liegen müssen, aber nach einer Seekarte aus dem Jahre 1642, von M. Faber,[19] schon damals inmitten der Dünen des Westlandes lag, weitab von der nordwestlichen Uferlinie. Eine derartig geschützte Baustelle konnte auch verständigerweise für einen auf lange Dauer berechneten Turm nur gewählt werden. Deshalb kann es nicht zweifelhaft sein, daß die nordwestliche Inselküste derzeit recht viel weiter seewärts gelegen hat, als die Emmiussche Karte angibt.

Die Insel Juist hatte nach dem Bericht von 1650 Dünen in einer Gesamtlänge von 2623 Ruten (= 9840 m), eine Kirche mit Turm und 22 Häuser. Bei der Kirche waren die Dünen nur 42 Ruten (158 m) breit, wie breit sie an anderen Stellen waren, ist nicht angegeben. Die Kirche war schon 1657 durch die Stürme ziemlich durchlöchert und ist bald darauf eingestürzt.[20] In der Dünenkette befanden sich zwei Lücken, die eine westlich von der Kirche, 63 Ruten, die andere 200 Ruten breit. Wir haben uns danach die Insel als ein langgestrecktes Gelände vorzustellen, mit einer langen schmalen, an zwei Stellen durchbrochenen Dünenreihe. Nach der Karte von Emmius hat sie dagegen eine ganz ähnliche Form wie Borkum, eine Länge von rund 9000 und eine größte Breite von 3700 m.

Auch in betreff der Inseln Norderney und Baltrum stimmen die Angaben in den Berichten mit der Karte von

19) Ein Exemplar der Karte befindet sich in der Magistrats-Bibliothek in Emden.

20) Arends, Nordseeküste I S. 359.

Emmius wenig überein. Nach dem Bericht von 1650 hatte Norderney eine Kirche und 18 Häuser, die Dünen waren von Westen nach Osten 1595 Ruten (rund 6000 m) lang, westwärts 300 Ruten (1130 m), ostwärts 340 Ruten (1280 m) breit. Der Oststrand — vom östlichen Ende der Dünen bis an die Wichter Ee — hatte eine Länge von 790 Ruten (2980 m). Baltrum hatte 14 Häuser und eine 1925 Ruten (7260 m) lange Dünenkette. Der Strand war am Westende steil und lag in starkem Abbruch, am Ostende war er hoch und 420 Ruten (1580 m) lang. Die Breite der Dünen bei den Häusern betrug 90 Ruten (340 m). Der Bericht von 1657, der sich auf Baltrum nicht mit erstreckte, sagt von Norderney nur, die Insel habe an der Nordseite einen guten Schutz von breiten Sanddünen und sonst einen ziemlich breiten Strand, der nicht von jeder Flut überspült werde. Maße über die Länge und Breite der Insel oder der Dünen sind nicht angegeben. Nach der Darstellung in der Karte von Emmius ist Norderney rund 6700 m, Baltrum 7800 m lang, die größte Breite von Norderney ist 2800, von Baltrum 3200 m. Beide müßten, wenn diese Maße dem Zustande von 1616, als Emmius seine Karte herausgab, oder von 1590/91, als er die Aufnahmen dafür beschaffte, wirklich entsprochen hätten, in dem kurzen Zeitraum bis 1650 an Länge beträchtlich zugenommen haben, Norderney um $6000 + 2980 - 6700 = 2280$ m, Baltrum um $7260 + 1580 - 7800 = 1040$ m. Ob und inwieweit das als wahrscheinlich anzusehen ist, wird später weiter erörtert werden.

Mit dem, was in dem Bericht von 1650 über die kleinen Inseln Bant und Buise — die im 18. Jahrhundert völlig verschwunden sind — gesagt wird, stimmt die Emmiussche Karte ziemlich gut überein. Bant war nach dem Bericht eine kleine Marschinsel, wie die jetzigen schleswigschen Halligen, ihre Länge betrug in der Richtung Süd-Nord 230 Ruten, in der Richtung Ost-West 235 Ruten. Nach der Karte sind beide Maße etwas größer, ganz den Verhältnissen entsprechend, denn die im Abbruch und nach



allen Seiten freiliegende kleine Insel mußte seit der Aufnahme der Karte an Größe verloren haben. Buise hatte zwei „Bulten“ Dünen, die östliche 48, die westliche 40 Ruten, die Lücke zwischen beiden 60 Ruten lang. Die Strandlänge von der westlichen Düne bis an das Busertief betrug 362 Ruten, die von der östlichen Düne bis Norderney 276 Ruten. Es wird hinzugefügt, daß die Insel vor 15 Jahren „recte ins Westen von Norderney“ gelegen und derzeit wohl dreimal so groß gewesen sei. Auch diese Angaben sind der Darstellung in der Karte von Emmius ganz entsprechend. Den beiden kleinen Inseln in der Nähe der Westküste von Norderney ist zwar in der Karte ein Name nicht beigefügt, aber nach ihrer Lage und Größe kann es nicht zweifelhaft sein, daß sie mit den im Bericht von 1650 als zur Insel Buise gehörig bezeichneten beiden Dünenhügeln gleichbedeutend sind. Das Busetief, welches jetzt und seit vielen Jahren die Westküste von Norderney stark angreift, lag damals zwischen Buise und Juist und es muß nach den Angaben des Berichts, daß „der östliche Fußstrand von den Dünen an Norderney 276 Ruten lang“ war, angenommen werden, daß zwischen der Buiser östlichen Düne und Norderney sich keine Stromrinne befand, sondern beide Inseln durch einen hohen Strand miteinander verbunden waren. Wie jetzt Norderney, so ist offenbar früher Buise von den Angriffen des Busetiefes an ihrer Westseite stark bedrängt worden und hat dadurch den im Bericht erwähnten starken Abbruch erlitten, Norderney dagegen ist von den nach Osten wandernden Dünen von Jahr zu Jahr größer geworden. So ist es ganz erklärlich, daß Norderney bei der ersten geschichtlichen Erwähnung im Jahr 1398 als Osterende — östliches Ende der älteren Insel Buise — bezeichnet wurde und später, als dieses östliche Ende die bis auf einen kleinen Rest zerstörte ältere Insel an Größe und Bedeutung weit überholt hatte und als eine neuentstandene Insel sich darstellte — vielleicht bei dem Beginn ihrer Besiedelung —, „Norder Neye Oog“ genannt wurde. Die letzte Silbe „Oog“ (Insel) wurde dann bald weggelassen, etwa von 1550 an heißt sie wie auf der

Karte von Emmius und in den Berichten von 1650 und 1657 Norderney.

Urkundliche Nachrichten aus dem 17. Jahrhundert, die über Langeoog, Spiekoroog und Wangeroog in ähnlicher Weise Auskunft geben, wie die vorgedachten Berichte über die westlichen Inseln, scheinen bisher nicht gefunden zu sein. Nach Arends, Geschichte der Nordseeküste I S. 362 war Wangeroog um die Mitte des 17. Jahrhunderts noch $1^{1}/_{2}$ Meilen lang, $^{1}/_{4}$ Meile breit und besaß viel schönes Grasland, selbst im Jahre 1730 noch 300 Matten (etwa 140 ha); über die derzeitige Größe von Langeoog und Spiekeroog wird nichts gesagt. In der Karte von Emmius ist Langeoog von ähnlicher Form und Größe wie Juist und Borkum, von Spiekeroog und Wangeroog liegen nur dio südlichen Teile innerhalb des Rahmens der Karte. Aus diesen Teildarstellungen kann selbstverständlich ein Bild von der derzeitigen Größe der letzten beiden Inseln nicht gewonnen werden, und die wenigen Maße, die Arends über Wangeroog angibt, beruhen offenbar auf einer so überschlägigen Schätzung, daß sie ebenfalls für die Feststellung der derzeitigen Inselgröße kaum einen Wert haben. Sie sind — nebenbei bemerkt — reichlich doppelt so groß, als nach einer Karte, die zu einem Vergleich über die Grenze zwischen Jever und Ostfriesland gehört und von Tenge in seiner Geschichte des Jeverschen Deichbandes auf Tafel 14 mitgeteilt wird. Danach hatte Wangeroog derzeit eine Länge von rund 5100 m und eine mittlere Breite von ungefähr 900 m.

Im Hinblick auf die jetzige Gestalt der ostfriesischen Inseln und auch im Vergleich mit den vorstehend mitgeteilten berichtlichen Angaben muß es auffallen, daß auf der Karte von Emmius alle Inseln — mit Ausnahme der kleinen Bant und Buise — eine ganz ähnliche länglich runde Form haben und selbst in der Größe nicht sehr verschieden sind. Das legt die Vermutung nahe, daß Emmius bei der Aufnahme seiner Karte den Inseln sehr viel weniger Sorgfalt zugewandt hat, als dem Festlande. Jedenfalls zeigen die vorgeführten Vergleiche deutlich, daß die Inselkarten sehr

unzuverlässig sind und deshalb als brauchbare Unterlagen zur Feststellung der derzeitigen Lage, Form und Größe der Inseln nicht anzusehen sind.

Auf Grund genauerer Vermessungen der einzelnen Inseln angefertigte Karten haben wir erst aus dem 18. Jahrhundert, von Borkum aus den Jahren 1713 und 1755, von Juist und Norderney aus dem Jahr 1739 und von Baltrum, Langeoog, Spiekeroog aus dem Jahr 1738. Sie befinden sich in dem Königlichen Staatsarchiv in Aurich.

Ein Vergleich dieser Karten mit den 1892 herausgegebenen Karten der Königl. Preußischen Landes-Aufnahme läßt für den zwischenliegenden Zeitraum die an den einzelnen Inseln vorgekommenen Veränderungen wenigstens insoweit erkennen, daß danach mit Sicherheit festgestellt werden kann, wo Abbrüche oder Anlandungen stattgefunden haben, sowie ob und inwieweit jede der Inseln in ihrer Gesamtgröße zu- oder abgenommen hat. Um den Überblick zu erleichtern, sind wie Abb. 1 bis 7 Bl. 3 u. 4 ersehen lassen, die älteren Aufnahmen nach ihren Hauptumrissen in die Karten von 1892 eingetragen worden.[21]) Bei dieser Eintragung bestand die Hauptschwierigkeit darin, die älteren Karten zu den neuen in die richtige Lage zu bringen, weil es in jenen meist an genau eingemessenen Festpunkten — Kirchen oder anderen Baulichkeiten — fehlt, nach denen die Orientierung hätte vorgenommen werden können. Als Anhalt mußten die in den älteren Karten angegebenen Ortslagen dienen, die sich aber auf einigen Inseln, auf Juist und Baltrum, infolge von Zerstörungen durch Sturmfluten verschoben haben und auch im übrigen nicht derartig aufgenommen sind, daß danach die frühere Insellage im Vergleich zur jetzigen genau und sicher festgestellt werden konnte. Die Eintragungen können daher, soweit sie die frühere Lage der Inseln betreffen, auf große Genauigkeit keinen Anspruch machen. Aber die Veränderungen in der Lage der Inseln

21) Für die Insel Wangeroog nach einem von dem Geheimen Oberbaurat Tenge in Oldenburg gütigst mitgeteilten Umriß der Insel von 1754.

sind für die Frage, um die es sich hier handelt, von geringerer Bedeutung, als die Veränderungen in ihrer Größe und diese lassen sich aus den in den Abb. 1 bis 7 dargestellten beiden Aufnahmen genau ersehen.

Abb. 7 Bl. 3 u. 4 zeigt die Insel Borkum nach den Aufnahmen von 1755 und 1892. Die ältere Aufnahme von 1713 stimmt mit der von 1755 recht gut überein, nach beiden haben das Ost- und Westland ungefähr gleiche Form und Größe, und auch die Lücke zwischen den Ost- und Westlandsdünen hat auf beiden Karten, ungefähr die gleiche Breite. Die Karte von 1755 ist aber im allgemeinen sorgfältiger ausgeführt und daher für den Vergleich mit der von 1892 zugrunde gelegt worden. In der Zwischenzeit hat die Insel an der Westspitze etwas abgenommen; sowohl der Strand als der Dünenfuß ist dort zurückgegangen, der Strand um 650 m, die Düne um 350 m an den Stellen, wo der Abbruch am größten war. Dagegen hat der Nordstrand bis 900 m und der Südstrand bis über 1000 m an Breite zugenommen. Auch die Dünen, sowohl des Ostlandes wie des Westlandes sind, besonders an der Nordseite, beträchtlich breiter geworden, beide um etwa 400 m. Die Lücke zwischen den beiden Dünengruppen, die nach dem schon erwähnten Bericht von 1650 eine Breite von 525 Ruten (= 1980 m) hatte, war nach der Aufnahme von 1755 nur noch etwa 1500 m und zu der Zeit, als mit der Schließung der Lücke durch den jetzt vorhandenen Damm vorgegangen wurde, rund 1000 m breit. Der Damm wurde zwischen 1860 und 1870 teils durch Sandschüttung, teils durch künstliche Dünenbildung hergestellt. Die Flächengröße der Insel innerhalb der Linie des mittleren Hochwassers betrug nach der älteren Karte 24,6, nach der neueren 28,8 qkm. Die Insel hat also seit 1755 um 4,2 qkm oder um reichlich $^1/_6$ ihres derzeitigen Bestandes an Größe zugnommen. Noch größer ist die Zunahme, wenn lediglich das Dünengelände und das im Schutz der Dünen entstandene Grünland in Betracht gezogen wird. Beide zusammen hatten 1755 einen Flächeninhalt von rund 11 qkm, 1892 von 17,5 qkm, die Zunahme

beträgt also 6,5 qkm, mehr als die Hälfte der Flächengröße von 1755.

Über eine beträchtliche Zunahme der Inselgröße in den beiden Jahrhunderten enthält das Archiv der Königlichen Regierung in Aurich auch eine ganze Reihe von schriftlichen Zeugnissen. Besonders am Ende des 18. und zu Anfang des 19. Jahrhunderts ist die Zunahme sehr groß gewesen. Im Juli 1799 wird von dem Landbaumeister Franzius berichtet, daß der Anwachs am Ost- und Westlande in 10 Jahren gewiß 50 bis 100 Diemat[22]) zugenommen habe, und in einem Bericht desselben vom August 1803 wird gesagt, das Grünland an der Südostseite wachse so unglaublich an, daß viel mehr Weide vorhanden sei, als die Einwohner zu ihrem Vieh bedürften. Und all dieser Anwachs habe sich gebildet, ohne daß irgend etwas geschehen sei, ihn zu befördern.

Eine Karte der Insel Juist nach den Aufnahmen von 1739 und 1892 enthält die Abb. 3 Bl. 3 u. 4. Die Aufnahme von 1739 ist leider insofern unvollständig, als sie sich auf die Dünen und das an deren Südseite angrenzende, teils als Grünland, teils als junger Anwachs bezeichnete Vorland beschränkt hat, die derzeitige Ausdehnung des Strandes an der West-, Nord- und Ostseite der Insel ist aus der Karte nicht zu ersehen. Ein Vergleich zwischen den beiden Aufnahmen kann daher nur in betreff der Dünen- und der südlichen Vorlandsflächen angestellt werden. Die Dünen bestanden 1739 aus zwei langgestreckten Gruppen, die westliche war rund 2500 m, die östliche 4850 m, die Lücke zwischen beiden 1640 m lang. Das ergibt mit Einschluß der Lücke eine Gesamtlänge von 8990 m. Nach dem Bericht von 1650 betrug diese Länge mit Einschluß von zwei derzeit vorhandenen Lücken 9840 m, sie hatte also in der Zeit von 1650 bis 1739 um 850 m abgenommen. Die Karte von 1892 zeigt dagegen eine Dünenlänge von 12350 m, woraus sich eine Zunahme ergibt für die Zeit von 1650 bis 1892 von 2510 m und für die Zeit von 1739 bis 1892 von 3360 m. Wie die Abb. 3

22) 1 Diemat = ungefähr 0,50 ha.

ersehen läßt, hat die westliche Dünengruppe sowohl an Breite wie an Länge zugenommen, sie ist in der Richtung nach Norden breiter und nach Osten hin länger geworden. Sie umfaßte im Jahre 1739 eine Grundfläche von ungefähr 0,9 qkm, 1892 von mehr als 1,5 qkm. Die östliche Gruppe hat an der West- und Nordseite beträchtlich abgenommen, an der Westseite um reichlich 500 m und an der Nordseite an den Stellen, wo der Abbruch am stärksten war, fast ebensoviel. Aber dieser Abbruch wird dadurch ausgeglichen, daß die Dünenkette sich nach Osten hin um 3600 m verlängert hat. Der Flächeninhalt der östlichen Dünengruppe ist unverändert geblieben, er beträgt nach beiden Aufnahmen rund 2,7 qkm. Die Grünlands- und Anwachsflächen haben, wie die Abb. 3 zeigt, in ihrer Gesamtheit nicht ab- sondern zugenommen. Besonders am Ostende, hinter den seit 1739 entstandenen Dünen zeigt die Karte von 1892 eine sehr ausgedehnte neue Anlandung. Die jetzt bestehende Verbindung zwischen den beiden Dünengruppen ist in den Jahren 1868 bis 1877 ebenso wie auf Borkum künstlich hergestellt worden.

Die Karte von Norderney, Abb. 1 Bl. 3 und 4, zeigt die Insel nach der Aufnahme von 1892 mit den eingetragenen Hauptumrissen nach der Vermessung von 1739. Letztere hat sich aber ebenso, wie die aus demselben Jahre von der Insel Juist, auf das Dünen- und Grünlandsgebiet beschränkt, über die derzeitige Ausdehnung der Strandflächen an der West-, Nord- und Ostseite der Insel gibt sie keinen Aufschluß. Das Dünengelände hat danach von 1739 bis 1892 an der Nordwestseite abgenommen, an der Nord- und Ostseite aber sehr viel mehr zugenommen. Die größte Breite des Abbruches beträgt rund 300 m, wogegen die Dünen an der Nord- und Nordostseite um 250 bis über 800 m an Breite und nach Osten hin um rund 3000 m an Länge zugenommen haben. Das Dünengebiet war 1739 5900 m lang, hatte eine größte Breite von ungefähr 1300 m und einen Flächeninhalt von 5,5 qkm; 1892 war es 8700 m lang bei einer größten Breite von mehr als 1500 m und sein Flächeninhalt betrug 8,4 qkm. Die Flächengröße hat also in den

153 Jahren von 1739 bis 1892 um 2,9 qkm oder um reichlich die Hälfte des Bestandes von 1739 zugenommen. Das Grünland an der Ostseite der Dünen hat, wie die Abb. 1 ersehen läßt, an beiden Enden zu-, in der Mitte abgenommen, aber augenscheinlich ist auch hier der Zuwachs bedeutend größer gewesen, als der Abbruch.

Von Norderney befindet sich in dem Archiv der Königlichen Regierung in Aurich noch eine Karte der Insel nebst beigefügter Flächenberechnung nach einer Vermessung im Sommer 1820, also aus einer Zeit, die ungefähr in der Mitte zwischen 1739 und 1892 liegt. Danach betrug der Flächeninhalt des Dünengeländes 1208 Diemat 20 □-Rnten, der ganzen Insel 3023 Diemat 350 □-Ruten, oder 6,85 und 17,15 qkm. Nach der Karte von 1892 ist die Flächengröße der Insel 21,25 qkm.

Die drei Messungen von 1739, 1820 und 1892 zeigen demnach eine stetige Zunahme in der Größe des Dünengeländes, die beiden letzten Messungen auch in der Größe der ganzen Inselfläche. Das Dünengelände ist von 5,5 qkm im Jahre 1739 auf 6,85 qkm im Jahre 1820 und auf 8,4 qkm im Jahre 1892, die ganze Insel zwischen den beiden letzten Messungen von 17,15 auf 21,25 qkm angewachsen.

Damit stimmt auch überein, was in mehreren im Königl. Staatsarchiv in Aurich aufbewahrten Berichten über den Zustand der Insel, u. a. aus den Jahren 1702, 1773 nnd 1804 gesagt worden ist. Mäßige Abbrüche hatten danach nur an der Westseite und zeitweilig an der Südseite stattgefunden, während die Dünen an der Nord- und Ostseite stetig angewachsen waren.

Weniger günstig sind die in den letzten zwei Jahrhunderten an der Insel Baltrum vorgekommenen Veränderungen, s. Abb. 5 Bl. 3 u. 4, wo die Umrisse der Insel von 1738 in die Karte von 1892 eingetragen sind. Wie diese Abbildung zeigt, hat die Insel an ihrem westlichen Teil mehr als $^1/_4$ der Gesamtlänge von 1738 eingebüßt. Die Westspitze ist um 1550 m zurückgegangen, die Ostspitze um 400 m vorgerückt, die Länge der Insel hat also um

1150 m abgenommen. Ihre Breite ist dagegen sehr viel größer geworden. Die größte Breite betrug 1738: 850 m, im Jahre 1892 reichlich doppelt soviel. An der Nordseite haben die Dünen, an der Südseite das Grünland und der Strand, letzterer besonders an den beiden Enden, an Breite zugenommen. Die Form der Insel ist dadurch eine ganz andere geworden; früher war sie langgestreckt und schmal, jetzt ist sie kürzer, sehr viel breiter und hat an ihrer Südseite eine starke Einbuchtung. Die Flächengröße der Insel hat zugenommen, sie betrug 1738: 4,6, 1892: 6,3 qkm. Auch die Dünenfläche ist von 2,65 auf 3,15 qkm angewachsen.

Wie die Dünen auf Langeoog und das in deren Schutz gelegene grüne Vorland sich von 1738 bis 1892 verändert haben, zeigt die Karte Abb. 4 Bl. 3 u. 4. Leider sind auch für diese Insel die über Mittel-Hochwasser liegenden Strandflächen in der Karte von 1738 nicht angegeben. Die Dünenkette hatte 1738 drei Lücken von 1650, 270 und 150 m Breite, davon sind die beiden ersten unter dem Namen „große Sloop" und „kleine Sloop" noch vorhanden. Nach der Karte von 1892 ist das große Sloop[23]) 650 m, das kleine 180 m breit. Die Dünen haben sowohl an Länge wie an Breite zugenommen, sie sind nach Südwesten und nach Osten hin länger und besonders nach Norden hin breiter geworden. Die sog. Flinthörndüne auf dem hakenförmigen Strande an der Südwestspitze der Insel scheint erst nach 1738 entstanden zu sein, denn sie ist auf der Karte von 1738, wo doch an zwei Stellen kleinere Dünengruppen dargestellt sind, nicht angegeben. Die Gesamt-Dünenfläche hat von ungefähr 3 auf 6,4 qkm, Dünen- und Grünlandfläche zusammen von 4,6 auf 10,8 qkm zugenommen. Grünland war nach der Karte von 1738 nur am Westende und Ostende der Insel vorhanden, die Karte von 1892 zeigt an der ganzen Südseite von dem Dorf bis an das alte Grünland der am Ostende gelegenen Meierei neue Anlandungen.

---

23) Sloopen (holländ.) = einebnen, schlichten.

Die Insel Spiekeroog, Abb. 2 Bl. 3 u. 4, hat sich von 1738 bis 1892 in ganz ähnlicher Weise verändert wie Baltrum. Der westliche Teil der Insel ist auf rund 1150 m Länge vollständig weggespült, nach Osten hin hat sich die Dünenkette um 600 m verlängert. Im ganzen östlichen Teil haben auch die Dünen sowohl, als das an der Südseite ihnen vorgelagerte Grünland beträchtlich an Breite zugenommen. Diese Zunahme des Grünlandes hatte schon vor 1738 begonnen, wie in einem Bericht über den Zustand der Insel aus jenem Jahre erwähnt wird. Der Verlust an der Westseite ist, wenn nicht ganz, so doch zum größten Teil dadurch ersetzt worden, daß sich dort im Anschluß an die alten Dünen eine nach Süden verlaufende neue Dünenkette und in deren Schutz auch neues Grünland gebildet hat. Die Gesamt-Dünenfläche betrug nach der älteren Karte 2,75, nach der neueren 3,0 qkm, sie hat also noch um 0,25 qkm zugenommen. Und auch die Grünlandsfläche ist, wie die Karte ersehen läßt, mindestens nicht kleiner geworden. Die Strandflächen sind, wie bei mehreren anderen Inseln, so auch hier, in der älteren Karte nicht angegeben, welche Veränderungen seit 1738 daran vorgekommen sind, kann daher nicht festgestellt werden.

Am meisten verändert hat sich in den letzten 150 Jahren die Insel Wangeroog. Die Abb. 6 Bl. 3 bis 4 zeigt die Karte von 1892 mit den Umrissen der Insel nach einer Aufnahme von 1754. Danach ist von der Inselfläche von 1754 nur ungefähr ein Vierteil übrig geblieben, der westliche Hauptteil mit vielen Wohngebäuden, einer Kirche und einem Leuchtturm ist bis 1892 von den Meeresfluten zerstört worden. Nach Osten hin aber hat die Insel gleichzeitig sowohl an Länge wie an Breite sehr zugenommen. Ein Vergleich der Flächengrößen — mit Ausschluß der kahlen Strandflächen, die bei der Aufnahme von 1754 auch hier unberücksichtigt geblieben sind — ergibt folgendes: Die Insel hatte nach der älteren Aufnahme eine Länge von rund 5000 m, eine größte Breite von 1400 m und eine Flächengröße von 4,75 qkm, nach der Vermessung von 1892 war die Länge

rund 4800 m, die größte Breite 1100 m und die Flächengröße 3,4 qkm. Der Flächeninhalt hat demnach von 1745 bis 1892 um 1,35 qkm oder um reichlich $^1/_4$ des Bestandes von 1754 abgenommen.

Kurz zusammengefaßt haben die vorstehenden Untersuchungen über die in den letzten beiden Jahrhunderten an den ostfriesischen Inseln vorgekommenen Veränderungen ergeben, daß von den 7 Inseln 6 an Größe zugenommen haben und nur Wangeroog kleiner geworden ist. Die Zunahme beträgt, mit Ausschluß der kahlen Strandflächen bei Borkum 6,5, bei Juist 0,6, bei Norderney 2,9, bei Baltrum 0,5, bei Langeoog 6,2, bei Spiekeroog 1,3, für die 6 Inseln zusammen 18,0 qkm, die Abnahme bei Wangeroog 1,35 qkm. Die Dünen- und Grünlandsflächen der Inseln haben also insgesamt um 18,0 — 1,35 = 16,65 qkm zugenommen. Die Gesamt-Dünenlänge in der Richtung von Westen nach Osten betrug nach den älteren Karten 7650 + 8990 + 5900 + 5700 + 9100 + 4150 + 5000 = 46490 m, nach den Karten von 1892 8000 + 12350 + 8600 + 4600 + 9800 + 4050 + 4700 = 52100 m. Der hochwasserfreie Dünenwall hat also um 5610 m an Länge zugenommen, und die Lücken zwischen den einzelnen Inseln sind in ihrer Gesamtheit um rund 4360 m kleinor geworden. Diese Lücken, dio zur Zeit der höchsten Sturmfluten jetzt im Wasserspiegel zusammen ungefähr 36,6 km breit sind, haben also in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts eine Gesamtbreite von rund 41 km gehabt und seitdem um reichlich 10 vH. in der Breite abgenommen.

2. Die nordfriesischen Inseln.

Über die Veränderungen, die seit der Mitte des 17. Jahrhunderts an den nordfriesischen Inseln eingetreten sind, hat der Generalmajor Dr. Geerz in den letzten Jahren seines Lebens eingehende Untersuchungen angestellt. Eino sog. historische Karte, die den Zustand dor Inseln für die Zeit von 1643—1648 darstellt und in die auch die Küstenlinien von 1878 eingetragen sind, ist von ihm im Jahre 1888

herausgegeben. Abb. 9 Bl. 3 u. 4 ist ein verkleinerter Abdruck dieser Karte. Eine Denkschrift, die ihr beigegeben werden sollte, ist leider nicht zum Abschluß gelangt; der in seinen Hauptteilen bearbeitete, aber unvollständig gebliebene Entwurf dazu ist mit den zugehörigen Kollektaneen der Kieler Universitäts-Bibliothek überwiesen worden.

Die größten Umgestaltungen sind nach der Geerzschen Karte an der Insel Nordstrand vorgekommen. Zu Anfang des 17. Jahrhunderts bis zu der Sturmflut vom 11. Okt. 1634, die zahlreiche Deichbrüche und eine vollständige Überschwemmung der Insel herbeiführte und in der von den 7600 Bewohnern der Insel nur ungefähr 1500 ihr Leben retteten, hatte Nordstrand, wie wir früher gesehen haben, noch eine Flächengröße von fast vier Quadratmeilen; ihre derzeitigen Umrisse, sowie die Deiche, Wasserläufe, Dorflagen, Kirchen und Mühlen sind in der Karte angegeben. Die Karte zeigt ferner als Küste von 1643 die Umrisse von vier kleinen, innerhalb der alten Inselgrenzen liegenden Landflächen, die weit voneinander getrennt sind und jede eine kleine Insel für sich bilden. Hiernach müßte angenommen werden, daß die vier Quadratmeilen Landes in der kurzen Zeit von 1634 bis 1643, also in neun Jahren bis auf die erwähnten kleinen Überreste von den Fluten bereits vollständig zerstört worden wären, aber das ist nachweislich nicht zutreffend. Die in der Geerzschen Karte angegebenen Grenzen von 1643, die mit einer Karte von 1649 in der Danckwerthschen Chronik ungefähr übereinstimmen, bezeichnen offenbar nur diejenigen Teile des alten Nordstrand, die zu der Zeit entweder schon wieder eingedeicht waren, wie der Amsingkoog und ein Teil von Pellworm, oder die, wie Nordstrandischmoor und ein Teil der jetzigen Insel Nordstrand, nach ihrer natürlichen Höhenlage oder unter dem Schutz von Notdeichen, die in den Jahren 1636/37 hergestellt waren, bewirtschaftet werden konnten. Denn nach Heimreich ist noch in den Jahren 1640 und 1642, nachdem ein großer Teil von Pellworm schon durch neue Deiche gesichert war, durch Sachverständige festgestellt worden, daß etwa 15000

Demath von dem derzeit noch ungeschützten Lande ohne allzugroße Kosten wieder bedeicht werden könnten, auch sind noch bis über 1646 hinaus große Landflächen von Gaikebüll, Stintebüll, Lith und Horn — also außerhalb der in der Geerzschen Karte angegebenen Grenzen von 1643 — zur Viehgrasung benutzt worden. Die letzteren Flächen müssen also damals begrünt und ebenso wie die Flächen, für die eine Wiederbedeichnng in Aussicht genommen werden konnte, bei gewöhnlicher Flut wenigstens zum größten Teil wasserfrei gewesen sein. Einen ferneren Beweis dafür, daß die Zerstörung der Insel sich nicht in so wenigen Jahren vollzogen hat, wie nach den Karten von Danckwerth und Geerz angenommen werden muß, liefert eine Karte (s. die Abb. 2 Bl. 1 u. 2), die gleich nach der Wiederbedeichung der beiden ersten Köge auf Nordstrand, des Friedrichskoogs und des Maria Elisabetskoogs, von dem am meisten dabei beteiligten holländischen Unternehmer Quirinus in der Velden im Jahre 1659 angefertigt ist.[24]) Hiernach schließt sich an die beiden fertigen Köge nördlich die „Geconcipieerde Dicagie van Gaykebül", südlich die „Geconcipieerde Dicagie van Trennemars"; die eine war nach der Beschreibung der Karte in 900, die andere in 1600 Demath Größe geplant. Also müssen auch diese Flächen derzeit noch so beschaffen gewesen sein, daß ihre Wiederbedeichung ins Auge gefaßt werden konnte. Zwischen Pellworm einer-, Nordstrand und Nordstrandischmoor anderseits war bereits ein großer Wattstrom vorhanden; auch Nordstrand und Nordstrandischmoor waren durch einen Strom voneinander getrennt. Um das eigentliche hohe Moor befand sich ein Gürtel von grünem Vorland, das Moor selbst war mit Wohnungen dicht besetzt. Die Nord- und Ostseite der alten Insel war noch durch eine Reihe von Halligen bezeichnet, darunter auch „Hamborger Landt" mit einer Wohnung, ferner Roerbeck Hallig und Poenen Hallig, letztere ebenfalls mit einem Hause. Zwischen dieser Kette von Halligen und den beiden Inseln Pellworm

24) Nach Eckermann, Die Bedeichung von Nordstrand und Pellworm.

und Nordstrand war das ehemalige Land bereits zu einem Watt geworden, worin außer dem Moor mit einem Stück Deich nur noch drei kleine Halligen sich befanden. Eckermann nimmt hiernach, wohl mit Recht, an, daß der Rand der alten Insel aus höherem Lande bestanden habe als ihr Inneres und daß aus diesem Grunde letzteres rascher dem Meere verfallen sei. Ganz außer Zweifel aber wird durch diese Karte gestellt, daß noch um 1659 von dem alten Nordstrand weit mehr und weit größere Überreste vorhanden waren, als in den Karten von Geerz und Danckwerth für die Jahre 1643 und 1649 angegeben ist.

Wann und in welcher Reihenfolge die Köge, aus denen die jetzigen Inseln Pellworm und Nordstrand bestehen, eingedeicht worden sind, ergibt sich aus der dem mehr erwähnten Eckermannschen Bericht entnommenen Karte, Abb. 4 Bl. 1 u. 2. Die Größe der eingedeichten Landflächen beträgt auf Pellworm 5950, auf Nordstrand rund 7400 Demath, an uneingedeichten Vorländereien sind auf den beiden Inseln noch vorhanden rund 1700 Demath. Die von der alten Insel außerdem noch übrig gebliebene Hallig Nordstrandischmoor mißt gegenwärtig ungefähr 200 ha oder rund 400 Demath. Beide Inseln und die Hallig haben demnach zusammen einen Flächeninhalt von 15450 Demath, reichlich $^1/_3$ der nach der Vermessung im Jahre 1634, kurz vor dem Eintritt der großen Sturmflut, zu 43134 Demath berechneten Größe der alten Insel.

Die Inseln Pellworm und Nordstrand kommen aber, wie schon zu Anfang dieser Betrachtungen bemerkt worden ist, für die zur Erörterung gestellten Fragen wenig in Betracht, weil der Bau und die Unterhaltung sowohl der Deiche als der Uferschutzwerke herkömmlich den Interessenten obliegt und der Staat nur in einzelnen Fällen, wenn die Verbände nicht genügend leistungsfähig waren, mit Beihilfen eingetreten ist. Auch sind beide Inseln so wertvoll, daß die Frage, unter welchen Umständen der Bau von Schutzwerken als notwendig anzuerkennen ist, hier gar nicht aufgeworfen werden kann. In hohem Grade bedauerlich ist es nur, daß

die Inselbewohner bei der schweren Arbeit zur Verteidigung ihres Landes nicht auch schon in früheren Jahrhunderten rechtzeitig und ausgiebig unterstützt worden sind. Wenn das nach der großen Sturmflut von 1634 geschehen wäre, als es den wenigen, die ihr Leben gerettet hatten, mit eigener Kraft unmöglich war, die zerstörten Deiche überall wieder herzustellen, so hätte die große wertvolle Landfläche, die durch Strömung und Wellenschlag nach und nach weggespült wurde — rund 14000 ha, deren Wert nach den heutigen Landpreisen auf mindestens etwa 30 Millionen Mark zu veranschlagen ist —, ohne Zweifel zum größten Teil erhalten bleiben können.

Von den übrigen nordfriesischen Inseln zeigt nach der historischen Karte von Geerz die Insel Sylt den größten Abbruch. Bei einer näheren Prüfung dieser Karte finden sich aber mancherlei Anzeichen, die darauf schließen lassen, daß die ältere Darstellung der Insel für die Zeit von 1643 bis 1648 nicht richtig sein kann. Die in die Karte eingetragene Küste von 1878 tritt nicht nur an der Westseite, sondern auch an einem großen Teil der Ostseite gegen die Uferlinien von 1648 weit zurück, auf langen Strecken an der Ostseite sogar beträchtlich mehr als an der Westseite. In den 230 Jahren zwischen den beiden Aufnahmen müßte danach der Abbruch an der gegen westliche Stürme geschützten Ostseite größer gewesen sein, als an der gegen den Angriff der Meereswellen bei allen Hochfluten völlig ungeschützten Westseite. Daß dies in Wirklichkeit der Fall gewesen sein könnte, ist schon nach der allgemeinen Lage der Verhältnisse höchst unwahrscheinlich, für die Ostseite läßt sich aber auch mit völliger Sicherheit nachweisen, daß in dem gedachten Zeitraum solche Abbrüche, wie die Karte angibt, nicht stattgefunden haben können.

In der Abb. 10 Bl. 3 u. 4, die einen Teil der Ostküste von Sylt, die Landzunge von Morsum darstellt, bedeuten die innerhalb der Küstenlinien von 1878 schraffierten Flächen Marschland; der zwischen Keitum und Morsum liegende Teil *a* dieser Fläche ist neuer Anwachs, der sich erst seit Anfang des

vorigen Jahrhunderts gebildet hat.[25]) Das innerhalb der Uferlinie von 1648 zwischen dem Morsumkliff, der Nössemarsch und der Südermarsch liegende Gelände ist ein diluvialer Hügel. Dieser Hügel ist, wie die Umrisse von 1878 zeigen, jetzt sehr viel kleiner, seine Umgrenzung tritt nicht nur an dem durch das steil abfallende Morsumkliff gebildeten nördlichen Ufer, sondern auch an den von einem Streifen Marschland eingeschlossenen östlichen und südlichen Abhängen gegen die auf der älteren Karte angegebenen Grenzen weit zurück. Wenn die Karte von 1648 den damaligen Zustand richtig darstellte, so müßte die östliche Spitze der Landzunge — Nösse — und das anschließende südliche Ufer zunächst bis an den jetzigen Fuß des Hügels zurückgegangen sein, dann müßte der Abbruch aufgehört und an dem bis dahin abbrüchigen Ufer neues Marschland sich gebildet haben. Denn nur so würde es zu erklären sein, daß der Fuß des Hügels an der Ost- und Südseite jetzt ebenso wie nach der Karte von 1648 mit einem Streifen Marschland eingesäumt ist. Dieses jetzige Marschland ist aber nicht etwa, wie in der Bucht zwischen Keitum und Morsum, junger erst zu Anfang des vorigen Jahrhunderts entstandener Anwachs. Wenn das der Fall wäre, so würde es von dem Chronisten Hansen, der zu Anfang des Jahrhunderts auf Sylt geboren und als langjähriger Lehrer in Keitum über die jüngsten Vorgänge, besonders auf dem östlichen Teil der Insel genau unterrichtet war, sicher nicht unerwähnt geblieben sein. Außerdem läßt die Höhe des Landes von mindestens 60 bis 70 cm über Mittelhochwasser mit Sicherheit darauf schließen, daß es alter Marschboden ist, dessen Aufwachsen bis zu der jetzigen Höhe eine sehr lange Zeit erfordert hat. Der Anwachs, aus dem sich dieser Streifen Marschland gebildet hat, stammt demnach nicht erst aus dem letzten Jahrhundert, sondern muß viel früher begonnen haben. Aber selbst wenn wir annehmen, daß die Marschbildung an dieser Stelle nur etwa 50 Jahre früher als in der Bucht zwischen Keitum

25) Nach C. P. Hansen, Chronik der friesischen Uthlande, S. 262.

und Morsum, also um die Mitte des 18. Jahrhunderts begonnen hätte, so müßte der Abbruch des alten Marschlandes und des Hügellandes von der in der Karte von 1648 angegebenen Uferlinie bis an den jetzigen Fuß des Hügels sich zwischen 1648 und 1750, also in rund 100 Jahren vollzogen haben. Nach der Karte beträgt dieser Abbruch an der Ostspitze bei Nösse ungefähr 3700 m, an der Südost- nnd Südseite rund 2000 m; auf die 100 Jahre gleichmäßig verteilt, entspricht das einem jährlichen Landverlust von 37 m und 20 m. Ein derartig starker Abbruch findet aber erfahrungsmäßig nicht einmal an solchen Küstenstrecken der nordfriesischen Inseln und Halligen statt, die bei allon Hochfluten dem stärksten Wellenschlage ausgesetzt sind. An der gegen die tiefen Stromrinnen der Norderau (Schmaltiefe) und der Süderau weit vorgestreckten Hallig Nordmarsch ist durch Messung festgestellt worden, daß der durchschnittliche jährliche Abbruch in der Zeit von 1877 bis 1897 an der äußersten Westspitze der Hallig 8 m, an der Süd- und Nordseite 2 bis 3 m betragen hat. Bei der im Vergleich mit Nordmarsch sehr geschützten Lage der Morsumer Landzunge muß es als ganz ausgeschlossen gelten, daß dort jemals ein gloicher oder ähnlicher Abbruch stattgefunden haben könne, geschweige denn ein Abbruch von solcher Stärke, wie er nach obiger Darlegung eingetreten sein müßte, wonn die Umrisse und die geologischen Verhältnisse dieses Teiles der Insel für die Zeit von 1648 auf der Karte richtig dargestellt wären.

Die ältere Karte stimmt, wie wir früher gesehen haben, mit dem Zustande von 1878 und dem jetzigen insofern ganz überein, als in ihr der diluviale Hügel an der Nordseite steil abfallend und ohne Vorland, an der Ost- und Südseite mit einem Streifon Marschland umgeben, dargestellt ist. Wenn nun, wie wir ferner gesehen haben, an die Möglichkeit, daß in der Zwischenzeit von 230 Jahren erst das alte Marschland bis auf die letzte Spur weggespült, dann auch noch ein großer Teil des Hügels abgebrochen und schließlich der jetzt vorhandene Marschgürtel wieder angewachsen soin könnte,

nicht gedacht werden kann, so bleibt nur die Annahme übrig, daß der heutige Marschgürtel derselbe ist, den wir in der Karte von 1648 angedeutet finden, daß demnach der diluviale Hügel an der Ost- und Südseite ganz unverändert geblieben ist. An der Nordseite des Hügels, dem Morsumkliff, mag ebenso, wie an dem östlichen und südlichen Ufer des Marschgürtels ein mäßiger Abbruch stattgefunden haben; daß aber dieser Abbruch nicht bedeutend gewesen sein kann, ist erstlich aus der geschützten Lage dieser Uferstrecken gegen den Wellenangriff bei Hochfluten und ferner daraus zu schließen, daß im letzten Jahrhundert nicht nur an der Nordseite der Landzunge zwischen dem Morsumkliff und Keitum, sondern auch an einem Teile des Ufers südlich von Morsum neues Marschland angewachsen ist.[26])

Ganz ähnlich wie bei Morsum liegen die Verhältnisse an der östlichen Inselküste zwischen Keitum und List. Auch für diese Küstenstrecke läßt sich auf geologischer Grundlage nachweisen, daß der aus der historischen Karte sich ergebende starke Abbruch in einer Bucht, die mehr noch als die Landzunge bei Morsum gegen Wellenangriff geschützt ist, unmöglich stattgefunden haben kann, daß demnach die Ausdehnung der Insel hier ebenso wie bei Morsum unrichtig dargestellt ist.

An der Westküste der Insel, die in ihrer ganzen Länge von Dünen umsäumt und wo weder um die Zeit von 1648 noch später Marschland vorhanden gewesen ist, geben die geologischen Verhältnisse keine Unterlagen, auf Grund deren geprüft werden könnte, ob und inwieweit die aus der historischen Karte sich ergebenden Veränderungen der Küstenlinie als zutreffend anzusehen sind. Nach der Karte ist die Küste am meisten zurückgegangen an dem mittleren Teile der Insel, zwischen Wenningstedt und Rantum, an den beiden Enden bei List und Hörnum dagegen nur wenig. In der Länge der Insel zeigt die Karte sogar eine Zunahme von ungefähr 3 km, 1 km nach Norden und 2 km nach Süden. Der Abbruch mißt an den Stellen, wo er nach der Karte am

26) Nach C. P. Hansen, Antiquarische Karte der Insel Sylt, 1866.

größten gewesen ist, bei Wenningstedt rund 800 m, bei Westerland 1100 m, bei Rantum 1350 m, oder auf die 230 Jahre von 1648 bis 1878 gleichmäßig verteilt, jährlich ungefähr 3,5 m, 4,8 m und 6 m. Das sind Zahlen, die, wenn man sie mit den Ergebnissen der vorhin erwähnten Messungen an der Hallig Nordmarsch-Langeness vergleicht, zu der Annahme berechtigen, daß sie der Wirklichkeit einigermaßen entsprechen könnten. Aber in den letzten 20 Jahren haben an der Westküste von Sylt Messungen stattgefunden, die für diesen Zeitraum über die Veränderungen in den Uferlinien genauen Aufschluß geben. Hiernach betrug der aus den gemessenen Profilen berechnete mittlere Rückgang der oberen Abbruchskante

1. von der Nordwestecke (Ostindienfahrerhuck) bis zum Anfang des Rothenkliffs auf der nördlichsten ungefähr 2 km langen Strecke, wo der Abbruch in dem letzten Jahrzehnt besonders stark war	81,80 m
im übrigen auf 8 km Länge	23,00 „
2. von Rothenkliff bis Westerland	14,70 „
3. von Westerland bis Rantum	— 2,34 „

An der unter 1 bezeichneten Strecke, wo der Uferabbruch in den letzten 20 Jahren am größten war, ist demnach im jährlichen Durchschnitt auf 2 km Länge ein 4,09 m und auf 8 km Länge ein 1,15 m breiter Streifen verloren gegangen, an der Strecke 2, vom Rothenkliff bis Westerland, nur 0,74 m und an der Strecke 3, von Westerland bis Rantum, hat sich die obere Abbruchskante im Mittel der gemessenen Profile sogar um 0,12 m vorgeschoben. Die Strecke 2 war im Jahre 1883, als die ersten Profile gemessen wurden, schon fast in ihrer vollen Länge mit Strandbuhnen belegt, ebenso die nördliche Hälfte der Strecke 3, an der Strecke 1 und der südlichen Hälfte von 3 wurden solche Buhnen in den Jahren 1886 bis 99 angelegt. Ein wirksamer Schutz gegen den Uferabbruch ist aber, wie später gezeigt werden wird, durch die Buhnen nicht erzielt worden. Die angeführten Messungsergebnisse lassen demnach mit einiger

Sicherheit darauf schließen, daß die westliche Uferlinie für den Teil der Insel nördlich von Rantum auf der Geerzschen historischen Karte ebenso wie die Uferlinie an der Ostseite für die Zeit von 1648 unrichtig dargestellt und der Rückgang des Ufers seit dieser Zeit auch hier geringer gewesen ist, als die Karte angibt. An der Strecke von Rantum bis zur Südspitze der Insel bei Hörnum und ebenso an der Nordseite der Insel, dem sogenannten Ellenbogen, haben erst in den letzten Jahren Profilmessungen stattgefunden. Danach ist die obere Abbruchskante auf 4 km Länge zunächst südlich von Rantum in den sechs Jahren von 1897 bis 1903 durchschnittlich jährlich um 0,21 m, auf den weiteren 3,5 km in den drei Jahren von 1900 bis 1903 um 1,07 m zurückgegangen. Am Ellenbogen hat sich die Küstenlinie in den letzten drei Jahren im Durchschnitt um 0,17 m vorgeschoben, und hier ist ein Vorrücken des Strandes auch schon in früheren Jahren, nach 1870, an einigen Stellen sogar in sehr beträchtlichem Maße beobachtet worden. Mit diesem Zuwachs an der Nordseite des Ellenbogens stimmt auch die Darstellung in der Geerzschen Karte recht gut überein; denn auch nach dieser Karte hat, wie bereits erwähnt wurde, die Insel seit 1648 in der Richtung nach Norden an Ausdehnung zugenommen. Dagegen ist der aus den Profilmessungen der letzten Jahre ermittelte Abbruch südlich von Rantum sehr viel geringer, als in der Karte für die Zeit von 1648 bis 1878 angegeben ist. Nach der Karte betrug der Abbruch während dieser 230 Jahre auf der ersten 4 km langen Strecke südlich von Rantum zwischen 300 und 800 m, im Mittel etwa 500 m, weiterhin bis zur Südspitze von Hörnum im Mittel ungefähr 300 m; also im Durchschnitt jährlich etwa 2,17 und 1,3 m gegen 0,21 und 1,07 m, die in den letzten Jahren durch Messung festgestellt worden sind.

Die vorerwähnten Messungsergebnisse zeigen erstlich, daß die Westküste am nördlichen Ende der Insel, wo sie nach der historischen Karte in der Zeit von 1648 bis 1878 nicht zurückgegangen ist, in den letzten Jahren den stärksten Abbruch gehabt hat, ferner daß an der Küstenstrecke zwischen

Westerland und Rantum, die nach der historischen Karte am meisten zurückgegangen ist, in den letzten Jahren nur ein sehr geringer oder gar kein Abbruch stattgefunden hat. Auch lassen die in den letzten Jahren gemachten Beobachtungen erkennen, daß die Stärke des Wellenangriffs sehr wechselt und die Breite und Höhe des Strandes an jeder Stelle der Küste bald zu- bald abnimmt. So wird in einer Niederschrift über eine Besichtigung der Küste vom 4. Juli 1870 gesagt: Der Strand bei Westerland habe in den letzten Tagen infolge von Nordweststürmen sehr an Breite zugenommen; er habe jetzt stellenweise eine Breite von 300 Fuß, nach 1868 sei er so schmal gewesen, daß die Ord. Flut stellenweise den Fuß der Düne berührt habe. In den Erläuterungen zum Kostenanschlage über die weitere Ausdehnung der Buhnenanlagen vom 26. Mai 1888 wird vorgeschlagen, mit dem Bau der geplanten Werke bei Rantum zu beginnen, weil diese Strecke auf ihrem schmalen und niedrigen Vorstrande und bei dem stellenweise nur 550 m breiten Hinterlande am meisten gefährdet erscheine. Wenige Jahre später dagegen war der Strand gerade an dieser Strecke so breit und so hoch, daß von dem Bau mehrerer der dort geplanten Schutzwerke gänzlich Abstand genommen werden konnte. Gleichzeitig aber war der Angriff am Nordende der Strecke, für welche die Schutzwerke vorgesehen waren, sehr viel stärker und der Strand so viel niedriger geworden und soweit zurückgegangen, daß die Buhnen in der geplanten Weise teils nur mit großen Kosten zu erhalten waren, teils überhaupt nicht ausgeführt werden konnten. Nach all diesen Erfahrungen wird angenommen werden dürfen, daß je nach der Gestaltung der Riffe, die, vor der Westküste von Sylt sich hinziehend, unter der Einwirkung von Strömung und Wellenschlag fortwährenden Veränderungen und Verschiebungen unterliegen, bald die eine, bald die andere Strandstrecke stärker angegriffen oder durch Sandablagerungen erhöht und verbreitert wird, daß demnach für eine längere Reihe von Jahren der Abbruch überall ungefähr gleich groß sein muß. Hierfür spricht auch,

daß die langgestreckte Küste an keiner Stelle größere Ein- oder Ausbuchtungen zeigt. Unter diesen Verhältnissen gibt das Maß des Abbruchs, welches in den letzten Jahren für verschiedene Teilstrecken der Küste durch Messung festgestellt worden ist, einen recht guten Anhalt dafür, wie hoch der Abbruch der ganzen Küste für eine längere Reihe von Jahren, etwa für ein Jahrhundert zu veranschlagen ist. Der durchschnittliche jährliche Abbruch der ganzen Küste würde hiernach dem Durchschnitt des für die einzelnen Teilstrecken berechneten jährlichen Abbruchs gleichzusetzen sein und würde hiernach — unter Berücksichtigung der Länge der Teilstrecken — betragen:

$$\frac{2 \cdot 4{,}09 + 8 \cdot 1{,}15 + 8 \cdot 0{,}74 - 6 \cdot 0{,}12 + 4 \cdot 0{,}21 + 3{,}5 \cdot 1{,}07}{31{,}5} = 0{,}86 \text{ m.}$$

In einem Jahrhundert würde also ein 86 m breiter Küstenstreifen durch Abbruch verloren gehen. Gegenwärtig ist die Insel an ihren schmalsten Stellen zwischen dem Ellenbogen und den Lister Dünen 700 m, bei Kampen 1100 m und bei Rantum 550 m breit.

Röm, die nördlichste der zu Schleswig gehörigen nordfriesischen Inseln, hat sich nach der historischen Karte, Abb. 9 Bl. 3 u. 4, seit 1648 wenig verändert. Die Westseite ist danach überall etwas zurückgegangen, die Ostseite zeigt zum Teil Abbruch, zum Teil Anlandung. Ähnliche Veränderungen haben nach jener Karte auch an Föhr und Amrum stattgefunden. Die Küste von Föhr zeigt an der Nordostseite Anwachs, sonst überall mehr oder weniger Abbruch. Amrum erscheint an der Nordseite etwas verlängert, in Gestalt einer in nordöstlicher Richtung vorgeschobenen schmalen Landzunge, ein mäßiges Vorrücken in der Richtung nach Osten zeigt auch der Haken an dem südlichen Ende der Insel; die Westseite hat in dem vorgelagerten hohen und breiten Knipsande einen sehr kräftigen Schutz, und nur die nordwestliche, sowie ein Teil der östlichen Küste ist nach der Karte von 1648 beträchtlich zurückgegangen.

Aber wie für Sylt nachgewiesen wurde, daß die Darstellnng der Küstenlinie von 1648 teils ganz gewiß fehlerhaft,

teils unzuverlässig ist, so liegt die Vermutung nahe, daß auch die Darstellung des früheren Zustandes der Inseln Röm, Föhr und Amrum manche Ungenauigkeiten enthält. Diese Vermutung wird noch dadurch bestärkt, daß die in der Danckwerthschen Chronik mitgeteilten Meyerschen Karten, die von Geerz für die Darstellung des Zustandes von 1648 benutzt worden sind, an vielen Stellen selbst untereinander wenig übereinstimmen. An einzelnen Stellen würde es wahrscheinlich nicht schwierig sein, einen bestimmten Nachweis dafür zu erbringen, ob und inwieweit die in der Karte von 1648 angegebenen Uferlinien als richtig anzusehen sind. Es ließe sich z. B. ohne Zweifel feststellen, ob die Deiche der Insel Föhr wirklich, wie es nach der historischen Karte geschehen sein müßte, seit 1648 an der Westseite um ungefähr 1 km zurückverlegt und an der Ostseite fast ebensoviel vorgeschoben worden sind. Für die Zwecke der vorliegenden Untersuchungen ist es aber nicht nötig, hierauf näher einzugehen. Gegenwärtig ist die ganze nördliche Hälfte der Insel Föhr durch Deiche und Uferwerke gegen Abbruch völlig gesichert, die übrigen Küsten von Föhr, wie von Amrum und Röm liegen nur an einzelnen Stellen im Abbruch, der aber nirgends von Bedeutung ist. Und selbst wenn man annehmen wollte, daß die Abbrüche seit 1648 wirklich so groß gewesen wären, wie in der historischen Karte von Geerz angegeben ist, so würde doch die Gesamtfläche der drei Inseln in den $2\frac{1}{2}$ Jahrhunderten nur um einen geringen Bruchteil abgenommen haben. Der angebliche Wert dieser Inseln und der Insel Sylt als Schutzwehren für die Deiche des Festlandes würde, weil die Lücken zwischen Röm und Sylt und zwischen Sylt und Amrum-Föhr infolge der Längenzunahme von Sylt kleiner geworden sind, nicht nur nicht ab-, sondern sogar zugenommen haben.

Helgoland.

Besonders viel umstritten ist die ehemalige Größe von Helgoland. Weniger um die in den letzten drei Jahrhunderten vorgekommenen Veränderungen dreht sich der Streit, als



nm den Umfang der in weiter zurückliegender Zeit zerstörten Inselflächen. Einige spärliche Naohriohten über die Kämpfe zwischen Christen- und Heidentum, die sich im 8. und 9. Jahrhundert auf dem alten Fositesland abgespielt haben, über heidnische Tempel, die zerstört, und Kirchen, die an deren Stelle errichtet sein sollen, eine Schilderung Adams von Bremen über den Zustand der Insel gegen Ende des 11. Jahrhunderts, ferner die in den Streitigkeiten und Kämpfen nm die Oberherrschaft über die Insel im 14. und 15. Jahrhnndert aufgestellte Behauptung, daß Helgoland „vor tausend nnd wenigern Jahren mit Eiderstadt, Everschop und Utholm, imgleichen mit Nordstrand, sodann mit Föhr, Sylt und Amrum eine conterminierende Region gewesen", waren die Wurzeln, aus denen sich die Sage von einer ehemals großen Ausdehnung der Insel und ihrer späteren Zerstörung durch Sturmfluten herausgebildet hat.[27]) Die so entstandene Sage hat dann im 16. und 17. Jahrhundert ein Chronist dem andern nacherzählt, ohne ihrem Ursprung genauer nachzuforschen und ihre Glaubwürdigkeit zu prüfen. Geschichliche Zengnisse sind darüber nicht beigebracht worden. Heimreich in seiner nordfriesischen Chronik beruft sich für seine Angaben über die ehemalige Inselgröße und über sieben Kirchen, die in den Sturmfluten von 1162 und 1216 untergegangen sein sollen, auf Joh. Mejer, der nach unbeglanbigten Angaben älterer Chronisten sogar Karten angefertigt hat, die den Znstand der Insel in den Jahren 800, 1240 und 1300 darstellen. (Danckwerth, Tafel XIII und XIX.) In der Karte vom Jahre 800 sind die angeblich später untergegangenen Kirchen, Dörfer, Burgen, heidnischen Tempel, Häfen nsw. alle mit Namen und nach ihrer Lage angegeben (s. Abb. 6 Bl. 5). Aber schon im 18. Jahrhundert wurden die Darstellungen in den Mejerschen Karten, die bis dahin fast allgemein für glaubwürdig angesehen worden waren, von verschiedenen Seiten in Zweifel gezogen. Gründlich widerlegt wurden sie zuerst von dem hamburgischen

27) S. Wiebel, Die Insel Helgoland. Untersuchungen über deren Größe in Vorzeit und Gegenwart, Hambnrg 1848.

Archivar Dr. Lappenberg in einem im September 1830 bei der Versammlung deutscher Naturforscher gehaltenen Vortrage: „Über den ehemaligen Umfang und die alte Geschichte Helgolands“, der später auch als Druckschrift veröffentlicht ist. Und noch eingehender ist dieser Gegenstand beleuchtet in einer von dem hamburgischen Professor Wiebel bearbeiteten Abhandlung über die Größe Helgolands in Vorzeit und Gegenwart, herausgegeben von dem naturwissenschaftlichen Verein, Hamburg 1848. Von beiden wird die Unhaltbarkeit der Sage von der ehemaligen Inselgröße und die gänzliche Wertlosigkeit der Mejerschen Karten schlagend nachgewiesen. Einen ganz augenscheinlichen Beweis dafür, mit welcher Leichtfertigkeit Mejer bei der Anfertigung jener Karten vorgegangen ist, gibt die Abb. 6 Bl. 5, in der die bei Danckwerth auf Tafel XIII und XIX enthaltenen Darstellungen der Insel nach gleichem Maßstabe zusammengestellt sind. Die Darstellung vom Jahre 1240 befindet sich auf Tafel XIII, die von 800, 1300 und 1649 auf Tafel XIX. Danach hätte die Insel in dem langen Zeitraum von 800 bis 1240 noch bedeutend an Größe zugenommen, und die großen Verluste, die nach Heimreich den Sturmfluten von 1162 und 1216 zugeschrieben werden, fielen erst in die Zeit von 1240 bis 1300. In den 440 Jahren vor 1240 wäre hiernach eine Vergrößerung von etwa 40 Quadratkilometern und in den 60 Jahren nach 1240 eine Abnahme von über 100 Quadratkilometern eingetreten. Daß beides in höchstem Grade unwahrscheinlich ist und den eigenen Mitteilungen an Heimreich widerspricht, ist von dem Verfasser der Karten in seinem großen Schaffensdrange offenbar übersehen worden.

Wiebel hat sich noch besonders dadurch verdient gemacht, daß er eine genaue Vermessung der Insel vorgenommen und Beobachtungen über den Einfluß der Witterung und der Wellen auf die fortschreitende Veränderung der Inselküste angestellt hat. Er hat versucht, für die dem Angriff der Wellen ausgesetzten Felsenwände auf diesem Wege einen „Abbruchskoeffizienten“ festzustellen. Aber die auf wenige Jahre beschränkte Zeit der Beobachtung war für den Zweck

viel zu kurz; und frühere Angaben über die Größenverhältnisse der Insel waren so unsicher, ältere Karten entweder ganz ungenau oder in einem so kleinen Maßstabe gezeichnet, daß sie zu einer zuverlässigen Feststellung der Küstenveränderungen durch Vergleichung der von ihm selbst beschafften Aufnahme der Insel nicht brauchbar waren. Sie hatten zwar den Beweis geliefert, daß die Küstenumrisse sich in den letzten 130 Jahren nur an einigen wenigen Stellen beträchtlich verändert hatten und daß die Abnahme der Insel viel langsamer fortschreitet, als bis dahin von so vielen Seiten angenommen worden war, aber zur genaueren Bestimmung des Abbruchskoeffizienten waren sie nicht ausreichend. Um diese in späteren Zeiten durch wiederholte Messungen zu ermöglichen und dadurch sowohl für die Bestimmung der ehemaligen Inselgröße, wie für die Berechnung des Maßes ihrer zukünftigen weiteren Zerstörung eine sichere Grundlage zu gewinnen, hat Wiebel in den Jahren 1844/45 die derzeitigen Umrisse der Insel in einer auf Grund eigener genauer Messungen und im Maßstabe 1:3000 gezeichneten Karte festgelegt.

Durch eine im Jahre 1891 von dem Festungs-Oberbauwart Weber wiederholte Vermessung der Insel ist uns bereits das Mittel an die Hand gegeben, die Wiebelsche Aufnahme zu dem gedachten Zweck auszunutzen. Den durch beide Messungen aufgenommenen oberen Küstenrand zeigt die Abb. 1 Bl. 5, sie gibt demnach ein Bild von dem Landstreifen, der in den 47 Jahren von 1844 bis 1891 abgestürzt ist. Die Form der Küstenlinie hat sich danach wenig verändert. An der Südwestseite ist der abgestürzte Streifen im Durchschnitt 9 bis 10 m breit und hat einen Flächeninhalt von rund 1,7 ha. Er erstreckt sich fast über die ganze Länge dieser Inselseite. Ganz kurze Unterbrechungen zeigen sich nur an zwei Stellen, wo sogar die Uferkante von 1891 etwas gegen die frühere vortritt. Dies kann aber selbstverständlich nur auf kleinen Ungenauigkeiten in der Messung beruhen, die bei der Aufnahme einer so stark zerklüfteten Felsenkante fast unvermeidlich sind. Der Abbruch

an der Nordostseite ist von sehr ungleicher Breite. In der an das Nordhorn anschließenden Hälfte ist er an vielen Stellen ungefähr ebenso breit wie an der Südwestseite, im Durchschnitt aber nur etwa 5 m. Dann folgt eine Strecke, wo die Karte nicht nur keinen Abbruch zeigt, sondern die Küstenlinie von 1891 sogar über die von 1844 hinaustritt. Das ist nicht wohl anders erklärlich, als daß in einer der beiden Messungen oder bei dem Abdruck der Karten ein Fehler vorgekommen sein muß. Am stärksten ist der Abbruch auf der 250 m langen Endstrecke in der Nähe des Unterlandes, wo er am äußersten Ende rund 25 m, im Durchschnitt etwa 15 m beträgt. An der Ostseite, wo der Fuß der Felsenwand durch das anliegende Unterland gegen jeden Wellenangriff geschützt ist und der obere Teil der Wand durch das davor abgelagerte verwitterte Gestein sich nach und nach in eine mit Erde überdeckte steile Böschung verwandelt hat, sind an der Oberkante nur geringe Veränderungen eingetreten. Das Unterland zeigt, trotz der Bemühungen der Inselbewohner, das vom Oberland abstürzende und von den Wellen in der Richtung nach dem Unterlande fortbewegte Gerölle durch eingebaute Pfahlwerke festzuhalten, an der Nordostseite, besonders an der östlichen Spitze noch recht bedeutenden Abbruch, an der Südostseite dagegen ist es überall breiter geworden.

Stellt sich hiernach der Abbruch der Felseninsel für die zwischen den beiden Messungen liegenden 47 Jahre an der Südwestseite auf 9 bis 10 m, an der Nordostseite im Mittel auf etwa 5 bis 6 m, so ergibt das für ein Jahrhundert eine Abbruchsgröße von rund 20 m an der einen und von rund 12 m an der anderen Seite. Wiebel hat diesen Abbruchskoeffizienten nach seinen kurzen Beobachtungen nur auf etwa 10 Fuß, also viel zu niedrig veranschlagt. Das erklärt sich daraus, daß seine Berechnung sich hauptsächlich auf die Ergebnisse von Beobachtungen stützt, die er am Fuße des Felsens über die Abspülung des Gesteins durch die Meereswellen angestellt hat; die Zerstörungen an den hohen Felswänden, die durch Witterungseinwirkungen herbeigeführt werden, sind von ihm offenbar unterschätzt worden.

Die so ermittelten Erfahrungswerte wird man, ohne allzu fehl zu greifen, sowohl für eine weiter zurückliegende Vergangenheit, wie für die Zukunft als zutreffend ansehen können. Denn in dem jetzt noch vorhandenen Reste der Felseninsel ist die Art und Schichtung des Gesteins überall annähernd gleich und die nach Südwest und Nordost vorgelagerten Riffe lassen darauf schließen, daß die in geschichtlicher Zeit abgebrochenen Inselteile in ihrer geologischen Zusammensetzung von derselben Beschaffenheit gewesen sind. Jene Erfahrungswerte geben demnach die Möglichkeit an die Hand, sich sowohl von der ehemaligen Ausdehnung der Insel bis zurück in die Zeit ihrer ersten geschichtlichen Erwähnung ein ungefähr richtiges Bild zu machen, wie auch den Zeitpunkt ihrer völligen Zerstörung für den Fall zu bestimmen, daß sie nach wie vor den zerstörenden Einflüssen der Meereswellen und der Witterung schutzlos preisgegeben wird.

In der Karte Abb. 2 Bl. 5, die der neuesten Seekarte von Helgoland entnommen ist, sind die hiernach sich ergebenden Umrisse der Felseninsel für die Jahre 1072 und 1649 durch punktierte Linien eingetragen; für das Jahr 1649, um sie mit der Mejerschen Karte aus demselben Jahre vergleichen zu können, für 1072, um zu zeigen, in wie weit die auf der angegebenen Grundlage ermittelte Inselgröße mit der aus derselben Zeit stammenden Schilderung Adams von Bremen übereinstimmt. Die Karte zeigt ferner, ebenfalls in punktierten Linien, bis wie weit die Insel voraussichtlich in den nächsten 300 und 600 Jahren zurückgehen wird, wenn die Südwest- und Nordostseite nicht gegen weiteren Abbruch geschützt werden.

Auf anderer Grundlage ist endlich noch der Versuch gemacht worden, in derselben Karte ein Bild davon zu geben, wie man sich für die Zeit Adams von Bremen die jetzige Düneninsel und ihre derzeit noch vorhanden gewesene Verbindung mit der Felseninsel etwa vorzustellen hat. Bis zum Anfange des 18. Jahrhunderts hatte Helgoland außer dem jetzigen hohen Inselfelsen, dem Rothenkliff, noch einen hoch

über die Meeresfläche hervortretenden Kreidefelsen, das sog. Wittekliff; beide waren durch einen aus Gerölle bestehenden Damm miteinander verbunden. In einem um das Jahr 1550 verfaßten und aus den unmittelbaren Mitteilungen eines derzeitigen Vogts auf Helgoland stammenden Bericht Heinrich Ranzaus wird von dem weißen Felsen gesagt, daß er von Sand umgeben sei und Kalk enthalte, der gebrochen und verkauft werde. Über die derzeitige Größe der beiden Inselteile gibt dieser Bericht keinerlei Auskunft, aber in der ungefähr ein Jahrhundert später entstandenen Mejerschen Karte von Helgoland sind beide Felsen, wie der zwischen ihnen liegende Steinwall und das östlich vom weißen Kliff gelegene Dünengelände dargestellt. Die Mejerschen Karten lassen nun zwar, wie an anderen Stellen gezeigt worden ist — von den völlig wertlosen historischen Karten ganz abgesehen — an Genauigkeit viel zu wünschen übrig, aber sie geben doch von der derzeitigen Form und Größe des Landes ein ungefähr zutreffendes Bild, und deshalb wird angenommen werden dürfen, daß auf der obengedachten Karte von Helgoland die derzeitige Größe des weißen Kliffs annähernd richtig angegeben ist. Die jetzt noch vorhandene Felseninsel ist, wie ein Vergleich mit dem in Abb. 2 Bl. 5 angedeuteten Umrisse von 1649 zeigt, in der Mejerschen Karte der Breite nach etwas zu groß, der Länge nach dagegen viel zu klein dargestellt. Die größte Breite und Länge sind nach der Mejerschen Karte etwa 650 und 1140 m, in Wirklichkeit haben sie rund 620 und 1730 m betragen. Die Flächengröße stellt sich nach der Mejerschen Karte ebenfalls etwas kleiner, als sie erweislich derzeit gewesen ist, und es wird demnach angenommen werden dürfen, daß auch das Wittekliff, dessen Flächeninhalt nach Mejers Karte rund 5 ha beträgt, mindestens nicht zu groß dargestellt ist. Im Herbst 1711 wurde der letzte Rest des Kliffs von den Wellen weggespült. Die 5 ha waren also in 62 Jahren den Angriffen der Elemente und der Inselbewohner, die den Kalkstein gebrochen und verkauft hatten, zum Opfer gefallen. Nimmt man für die Zeit vor 1649 an, daß die Zerstörung sich in un-

gefähr gleichem Maße vollzogen hat, daß also in 62 Jahren immer eine Fläche von ungefähr 5 ha abgebrochen ist, so müßte das Kliff zur Zeit Adams von Bremen, in der letzten Hälfte des 11. Jahrhunderts, eine Flächenausdehnung von rund 50 ha gehabt haben. Diese Fläche würde sich ungefähr decken mit dem über Mittelniedrigwasser liegenden nördlichen Teil der jetzigen Düneninsel, in ganz ähnlicher Weise, wie der seit 1072 an der Südwest- und Nordostseite der Felseninsel abgebrochene Streifen sich mit der am Fuße des Felsens über Niedrigwasser liegenden Riffläche ungefähr deckt. Wie man sich die Umrisse des Wittekliffs zur Zeit Adams von Bremen hiernach vorzustellen hat, ist in Abb. 2 Bl. 5 angedeutet. Die kleine Restfläche von rund 5 ha, die im Jahre 1649 noch vorhanden war, ist ebenso wie die Umrisse der Felseninsel von 1649 und die Breite des zwischen der Felsen- und Düneninsel derzeit noch vorhandenen Steinwalles nach einer Mejerschen größeren Karte von Helgoland[28]) — die mit der in Abb. 6 Bl. 5 gegebenen Darstellung aus demselben Jahre nicht ganz übereinstimmt — eingetragen worden. Ob der Steinwall in früheren Jahrhunderten eine größere Breite gehabt hat, ist aus urkundlichen Nachrichten nicht zu erweisen. Aber ohne Zweifel gewährte das Wittekliff, dessen hohe Felswand nach der Ostseite hin den Steinwall abschloß, diesem zugleich einen kräftigen Schutz gegen den Wellenangriff, und die Tatsache, daß, nachdem der letzte Rest des Kliffs im Jahre 1711 verschwunden war, sehr bald nachher — im Jahre 1720 — der Steinwall durchbrochen wurde, legt die Vermutung nahe, daß seine Breite und Widerstandsfähigkeit mit der fortschreitenden Zerstörung des Kliffs nach und nach abgenommen habe. Um das Jahr 1072, als das Kliff noch beträchtlich größer war, als zur Zeit der Mejerschen Aufnahme der Insel, wird demnach auch der Steinwall eine größere Breite gehabt haben, etwa so, wie in Abb. 2 Bl. 5 angedeutet ist. Nach der Größe und Lage des südöstlichen

28) Danckwerth, Tafel XIX.

Teiles der jetzigen Düneninsel, wie nach der Bodenbeschaffenheit und den Tiefenverhältnissen in ihrer nächsten Umgebung wird man ferner annehmen können, daß die durch das Kliff und den Steinwall gegen nordwestliche Ströme geschützte Düne sich derzeit bis an die Spitze der sog. Aade erstreckt hat. Wenn man hiernach das Inselbild Abb. 2 Bl. 5 für die Zeit um 1072 ergänzt, so wird die Annahme berechtigt sein, daß dieses Bild den derzeitigen Umriß der Insel, wenn auch selbstverständlich nicht genau, so doch im großen und ganzen einigermaßen zutreffend veranschaulicht.

Das so entworfene Inselbild stimmt mit den Größenangaben, die in der schon erwähnten Schilderung Adams enthalten sind, recht gut überein, wenn die dort gebrauchte Maßeinheit Milliare gleich 1000 Schritten gerechnet wird. Adam sagt über die Größe der Insel: ihre Länge beträgt kaum 8, ihre Breite 4 Milliaria. Was aber unter Milliare zu verstehen sei, darüber gehen die Meinungen in den über die ehemalige Größe Helgolands veröffentlichten Schriften weit auseinander. Lappenberg will 1000 Fuß, Geerz[29]) 1000 Doppelschritte, ungefähr $^1/_5$ geograph. Meile dafür ansetzen. Wiebel meint, Adam oder die späteren Abschreiber seines Werkes hätten wohl Stadia mit Milliaria verwechselt und für die Länge versehentlich VIII statt XIII gesetzt, denn eine Länge von 13 und eine Breite von 4 römischen Stadien (1 Stadie = $568\,^5/_8$ pariser Fuß) könne den derzeitigen Größenverhältnissen der Insel ungefähr entsprochen haben. Lappenberg und Wiebel gehen dabei von der Annahme aus, daß die von Adam angegebenen Maße sich nur auf die jetzige Felseninsel beziehen; während Geerz, indem er sich dahin ausspricht, daß die Adamschen Größenangaben — nach seiner Erklärung des Wortes Milliaria — für die damalige Zeit wohl zu vertreten seien, offenbar die Insel in ihrer ganzen derzeitigen Ausdehnung im Auge gehabt hat. Zu dem in Abb. 2 Bl. 5 für jene Zeit entworfenen Inselbilde passen aber

29) Geerz in dem schon erwähnten Entwurf der Denkschrift zu seiner historischen Karte.

alle diese Auslegungen sehr wenig. Nach dem dort dargestellten Umriß vom Jahre 1072 war die jetzige Felseninsel 2040 m lang und 740 m breit; die Länge der ganzen Insel vom sog. Nordhorn bis zur Spitze der Aade betrug rund 4200 m, die größte Breite vom sog. Südhorn bis zur Nordostseite des weißen Kliffs rund 2200 m. Die von Adam angegebene Länge und Breite der Insel — 8 und 4 Milliaria — stellen sich nach Lappenberg auf rund 2600 und 1300 m, nach Geerz auf rund 11800 und 5900 m, und wenn nach Wiebel anstatt 8 und 4 Milliaria 13 und 4 römische Stadien gerechnet werden, auf rund 2400 und 740 m. Wie ein Vergleich dieser Maße mit den aus der Abb. 2 Bl. 5 entnommenen zeigt, passen die nach Lappenberg berechneten so wenig für die Felseninsel allein, wie die nach Geerz für den derzeitigen Gesamtbestand der Insel, und selbst die von Wiebel auf Grund sehr gewagter Vermutungen ermittelten Zahlen stimmen mit denen, die sich aus der Abbildung ergeben, nur hinsichtlich der Breite der Insel überein. Dagegen entsprechen die Adamschen Größenangaben, ohne daß man an Schreibfehler zu denken nötig hat, dem gezeichneten Inselbilde recht gut, wenn man sie in Übereinstimmung mit Geerz auf den derzeitigen Gesamtbestand der Insel bezieht, für das Wort Milliare aber nicht wie Geerz will, ein Maß von 1000 Doppelschritten, sondern von 1000 Schritten gelten läßt. Das Verhältnis der Länge zur Breite ist nach beiden Darstellungen ganz gleich: die Länge etwas weniger als die doppelte Breite. Die aus der Abbildung sich ergebenden Maße von 4200 und 2200 m sind allerdings, wenn 1 Schritt = 0,75 m gerechnet wird, nur rund 5600 und 3000 Schritt, also nicht wie Adam angibt, kaum 8 und 4, sondern nur kaum 6 und 3 Milliaria. Wenn man aber berücksichtigt, daß bei der Geländebeschaffenheit der Insel eine genaue Feststellung dieser Maße für Adam oder dessen Gewährsmann recht schwierig, ein Abschreiten in gerader Richtung nicht einmal möglich war, und deshalb angenommen werden muß, daß die Adamschen Angaben nur auf Schätzung beruhen, so ist es wohl erklärlich, daß zwar das Verhältnis der Länge zur Breite richtig, das Maß beider

aber um ungefähr ein Drittel größer angegeben ist, als es in Wirklichkeit war.

Mit noch größerer Sicherheit, als für das Ende des 11. Jahrhunderts, kann aus den früher dargelegten Gründen angenommen werden, daß der in Abb. 2 Bl. 5 für die Zeit der Anfertigung der Mejerschen Karten (1649) eingetragene Umriß den derzeitigen Zustand der Insel ungefähr richtig darstelle. Der Vergleich der Umrisse von 1072 und 1649 miteinander und mit der jetzigen Inselkarte gibt demnach ein übersichtliches Bild von den Veränderungen, die in den Zeiträumen von 1072 bis 1649 und von 1649 bis zur Gegenwart in der Größe und Form der Insel vorgekommen sind, und läßt in anschaulicher Weise erkennen, daß die aus der Sage hervorgegangenen schriftlichen und kartographischen Aufzeichnungen über die ehemalige Größe Helgolands, wie über den durch Sturmfluten herbeigeführten Untergang ganzer Kirchspiele mit zahlreichen bewohnten Ortschaften keinen Glauben verdienen. Nicht plötzlich infolge gewaltiger Naturereignisse hat sich — in geschichtlicher Zeit — die Umgestaltung der Insel vollzogen, sondern ganz allmählich unter dem stetigen Einfluß der Witterung und der Meereswellen. Aber diese dauernde Abnahme ist doch von solcher Bedeutung, daß sie sowohl für die Felseninsel wie für die Düne die Notwendigkeit der Erbauung von Schutzwerken nahelegt. Ohne Schutzwerke würde, wie Abb. 2 Bl. 5 zeigt, die südwestliche Abbruchskante schon im Jahre 2200 bis in die Nähe des Leuchtturmes vorgerückt sein; im Jahre 2500 würde die Felseninsel nur noch ungefähr die Hälfte ihrer gegenwärtigen Länge und kaum ein Drittel ihrer jetzigen Flächengröße haben.

In welchem Maße die Abnahme der Düneninsel in den letzten 60 Jahren fortgeschritten ist, ergibt sich aus der Zusammenstellung auf Seite 88.

Von 1844 bis 1893 war hiernach die Abnahme nicht bedeutend. Die Düne und die Düneninsel hatten bis dahin nur an Breite verloren, an Länge hatte die Düne sogar noch zugenommen. Eine umfangreiche Zerstörung der Düne

	Die hohe Düne Länge m	Die hohe Düne größte Breite m	Die Düneninsel Länge bei Mittelhochwasser m	Die Düneninsel größte Breite bei Mittelhochwasser m
Nach der von Wiebel aufgenommenen Karte von 1844/45 . .	544	143	1450	245
Nach der Aufnahme v. Römer 1893	595	125	1438	191
Nach einer Skizze von Suadicani, aufgenommen nach den Sturmfluten vom 5. bis 8. Dez. 1895	390	64,5	—	—
Nach Ausbesserung der Sturmflutschäden, Aufnahme von Geiße 1897	450	106	1390	197
Nach der Aufnahme von Schröder 1903	443	118	1335	187
Nach der Aufnahme von Paulsen 1904	443	118	1241	200

— die den Bau der schon erwähnten Schutzwerke veranlaßte — wurde erst durch die Sturmfluten der Jahre 1894 und 1895 herbeigeführt. Nach den letzten dieser Fluten — vom 5. bis 8. Dez. 1895 — hatte die bewachsene Düne reichlich ein Drittel ihrer Länge und fast die Hälfte ihrer Breite eingebüßt, wogegen die Grundfläche der Insel innerhalb der Linie des mittleren Hochwassers nur wenig verloren hatte und innerhalb der Niedrigwassergrenze unverändert geblieben war. Die aus der Zusammenstellung ersichtliche Vergrößerung der Düne von 1895 bis 1897 wurde nicht auf natürlichem Wege, sondern durch Ankarren von Sand aus dem nahen Strande bewerkstelligt.

Inwieweit lassen die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen darauf schließen, daß Schutzwerke zur Erhaltung der Inseln notwendig sind?

Abgesehen von Helgoland, dessen allmählich fortschreitende Verkleinerung die Erbauung von Schutzwerken unzweifelhaft als zur Erhaltung der Insel notwendig erscheinen läßt, ist die Frage, ob in absehbarer Zeit die vollständige Zerstörung der ost- und nordfriesischen Inseln zu be-

fürchten ist, wenn keine Schutzwerke gebaut werden, nach den Ergebnissen der vorstehenden Untersuchungen für die meisten dieser Inseln offenbar zu verneinen. Die zu Preußen gehörigen ostfriesischen Inseln sind, wie wir gesehen haben, in den beiden letzten Jahrhunderten nicht kleiner, sondern größer geworden.[30]) Die meisten haben sogar beträchtlich an Größe zugenommen, obgleich sie alle bis zum Jahr 1860 ganz ohne Schutzwerke waren. Bis dahin wurden zur Erhaltung der Inseln lediglich einige Arbeiten zur Befestigung der Dünen, sowie zur Ausfüllung der in den Dünen entstandenen Schluchten und Lücken ausgeführt. Wie wenig derzeit daran gedacht wurde, gegen die Angriffe der Strömung und des Wellenschlages Schutzbauten auszuführen, geht aus den von Zeit zu Zeit erstatteten amtlichen Berichten über den Zustand der Inseln hervor. Den darin enthaltenen Mitteilungen über größere Strand- und Dünenabbrüche wird sowohl im 18. als auch noch im Anfange des 19. Jahrhunderts fast regelmäßig die Bemerkung beigefügt: „dagegen gibt es kein Mittel" oder „kann durch menschliche Anordnung nicht behindert werden". Und daß auch die Arbeiten zur Be-

30) Die auch in technischen Kreisen weit verbreitete gegenteilige Meinung — s. u. a. Plener, Zeitschr. d. hannoversch. Archit.- u. Ing.-V. 1856 S. 44 und Handbuch d. Ing.-Wissenschaften v. Franzius u. Sonne 1879, der Wasserbau S. 784 — ist wohl dadurch zu erklären, daß alle ostfriesischen Inseln an ihrer dem Angriff der Meereswellen am meisten ausgesetzten West- und Nordseite aus Dünen bestehen, an denen die Abbrüche immer sehr deutlich sich ausprägen, die Anlandungen dagegen in der Regel wenig bemerkbar sind. Abbrüche werden meist und hauptsächlich durch hohe Sturmfluten herbeigeführt. Jede solche Flut hinterläßt an der seeseitigen Böschung der Dünenkette eine steile Kante, die deutlich erkennbar ist und deren Höhe zugleich einen Maßstab abgibt, wonach die Breite des von den Wellen abgespülten Dünenstreifens ungefähr bestimmt werden kann. Das Anwachsen der Düne ist dagegen ein Erzeugnis anhaltend günstiger Witterungsverhältnisse und vollzieht sich, ohne in die Augen zu fallen, ganz allmählich. Die durch hohe Sturmfluten veranlaßten Zerstörungen werden meist gleich nach ihrem Entstehen eingehend besichtigt, Berichte gehen darüber an die Behörden und werden auch durch die Zeitungen in die Öffentlichkeit gebracht. Die langsam fortschreitende Arbeit der aufbauenden Naturkräfte wird wenig beachtet, und es vergehen oft lange Zeiten, ohne daß etwas darüber ermittelt und bekannt gegeben wird. So ist es durchaus erklärlich, daß die Meinung, die Inseln hätten bis in die jüngste Zeit an Größe abgenommen, entstanden ist und sich so lange erhalten hat.

festigung der Dünen recht unbedeutend waren, läßt sich ungefähr ermessen nach den Kosten, die dafür erwachsen sind. Für die sechs Inseln zusammen wurden in der Zeit von 1703 bis 1718 im jährlichen Durchschnitt 2498 ostfriesische Gulden oder 2775 ℳ, im Jahr 1773 1043 ℳ, in den Jahren 1803 und 1810 1293 nnd 1827 ℳ verausgabt. Für Borkum allein wurden aufgewandt: 1775 211 ℳ, 1803 bis 1807 im Mittel jährlich 369 ℳ. In späteren Jahren wurden die von den Baubeamten für Arbeiten an den Dünen veranschlagten kleinen Beträge von der Generaldirektion des Wasserbaues in Hannover oft entweder ganz gestrichen oder wesentlich herabgesetzt. So wurden für Halmpflanzungen auf Borkum in den Jahren 1834 bis 1837 beantragt: 330 ℳ, 408 ℳ, 405 ℳ und 279 ℳ, bewilligt wurden nur 165 ℳ, 165 ℳ, 303 ℳ und 225 ℳ. Ein zur Schließung der Dünenlücke zwischen dem Ost- und Westlande auf Borkum veranschlagter Betrag von 1636,20 ℳ wurde in den Jahren 1852 bis 1857 wiederholt abgelehnt; erst in den Jahren 1864 bis 1870, als auch schon an mehreren anderen ostfriesischen Inseln mit kostspieligeren Schutzbauten vorgegangen worden war, wurden die zu dieser Arbeit erforderlichen Mittel zur Verfügung gestellt. — Zur Erhaltung der nordfriesischen Inseln Röm, Sylt und Amrum geschah vor der Einverleibung Schleswig-Holsteins in Preußen noch weniger. Aus Staatsmitteln wurden dafür überhaupt keine Aufwendungen gemacht, nur von den Inselbewohnern wurden hin und wieder einige Arbeiten zur Befestigung der Dünen ausgeführt. Und trotzdem ist, wie wir gesehen haben, der Abbruch in den letzten 250 Jahren nirgends, selbst nicht an der dem Angriff der Meereswellen am stärksten ausgesetzten Insel Sylt derartig gewesen, daß Zerstörungen in größerem Umfange oder Durchbrüche in absehbarer Zeit zu befürchten sind.

Hiernach ist nun die Frage:

Unter welchen Umständen die Herstellung von Bauwerken zum Strand- oder Dünenschutz an einer Inselküste als notwendig anzuerkennen ist,

in wenigen Worten zu beantworten. Es ist nachgewieson worden, daß die Inseln weder zum Schutz der Festlandsküste noch der dort vorhandenen Deiche so wichtig oder gar unentbehrlich sind und daß sie auch in ihrem Bestande nicht in dem Maße gefährdet sind, wie zur Begründnng der Notwendigkeit von Schutzwerken so oft und von so vielen Seiten behauptet worden ist. Wo künftig an den ost- und nordfriesischen Inseln der Bau von Uferschutzwerken wieder angeregt wird, werden also Gründe dieser Art — die ja, weil sie sich in der Meinung weiter Kreise seit langer Zeit fortgeerbt haben, immer aufs neue hervortreten werden — mit großer Vorsicht aufzunehmen und in jedem einzelnen Falle eingehend zu prüfen sein. Im allgemeinen wird immer davon auszugehen sein, daß Schutzwerke nur dann zu erbauen sind, wenn der Wert der unmittelbar zu schützenden Grundstücke den Aufwendungen entspricht, die zum Bau und zur Unterhaltung der Werke erforderlich sind.

Wenn die in den letzten 40 Jahren aufgestellten Entwürfe über Schutzbauten an den ost- und nordfriesischen Inseln jedesmal nach diesen Gesichtspunkten gründlich geprüft worden wären, so würden wahrscheinlich viele von diesen Banten unausgeführt geblieben sein. Dies gilt besonders von Baltrum, Spiekeroog und Sylt, wo der Wert der geschützten Grundstücke im Vergleich zu den Kosten der Schutzbauten nur sehr gering ist.

Die Westspitze der Insel Baltrum ist von 1738 bis zum Beginn der Schutzbauten im Jahr 1873 — also in 135 Jahren — infolge des starken Stromangriffs der Wichter Ee um 1550 m zurückgegangen, also im Durchschnitt jährlich um 11,50 m. Hätte man die Schutzwerke nicht gebaut, so würde der Uferabbruch vermutlich in ungefähr demselben Maße fortgeschritten sein und in den 30 Jahren bis 1903 einen weiteren Verlust von rund 350 m Insellänge mit einer Dünenfläche von 12 bis 15 ha herbeigeführt haben. Der Abbruch würde dann heute bis an die ersten Häuser des Westdorfes vorgerückt sein, wie in der Karte Abb. 3 Bl. 6 durch eine stark gestrichelte Linie angedeutet ist, und es

hätten deshalb jetzt zunächst einige, in den folgenden Jahren nach und nach vielleicht auch alle übrigen Häuser des Dorfes nach einer weiter östlich liegenden Stelle der Insel versetzt werden müssen, wie das im vergangenen Jahrhundert bald nach der Sturmflut von 1825 schon einmal geschehen ist. Der in Geld zu veranschlagende Nutzen der Buhnen besteht also darin, daß ein Dünengebiet von etwa 12 bis 15 ha erhalten geblieben und die Versetzung des Dorfes nicht notwendig geworden ist. Für die ganz ertragslosen Dünen ist ein Geldwert nicht anzusetzen. Das Dorf besteht zurzeit aus dreißig meist recht geringwertigen Häusern, deren Versetzung nach einer anderen Stelle der Insel höchstens etwa 150000 ℳ kosten würde. Hätte man im Jahre 1873, als mit den Schutzbauten begonnen wurde, nur den Kostenbetrag einer Strandbuhne, rund 40000 ℳ, als Hilfsfonds an die Inselbewohner gegeben, zur Deckung der Kosten für die bei fortschreitendem Abbruch der westlichen Küste später notwendig werdende Verlegung des Dorfes, so würde das für diesen Zweck wahrscheinlich völlig ausgereicht haben, und der Staat würde den ganzen Betrag, der inzwischen für den Bau und die Unterhaltung der Schutzwerke verausgabt worden ist, nach Abzug dieser 40000 ℳ erspart haben. Das ist an wirklichen baren Ausgaben, ohne Hinzurechnung von Zinsen, rund 2750000 ℳ.

Auf Spiekeroog liegen die Verhältnisse insofern ähnlich wie auf Baltrum, als auch dort die Westküste seit 1738 stark zurückgegangen ist, in den 135 Jahren bis zum Beginn des Baues der ersten Schutzwerke an der Stelle, wo der Abbruch am größten war, ungefähr 1150 m, also im Durchschnitt jährlich 8,50 m. Aber hier liegen die ersten Häuser des Dorfes von dem durch Strandbuhnen und Dünenschutzwerken gedeckten Teil der Küste noch reichlich 1000 m zurück. Das Dorf liegt gegen Westen und Nordwesten im Schutz einer breiten geschlossenen Dünenkette, ist daher in absehbarer Zeit nicht gefährdet, und die nach 1873 erbauten Werke dienen der Hauptsache nach zum Schutz desjenigen Inselteiles, der, wie die Karte Abb. 2 Bl. 3 u. 4 ersehen

läßt, nach 1738 südwestlich von dem Dorfe angewachsen ist. Dieser Anwachs besteht teils aus Dünen, teils aus Grünland. Wie viel davon und von den alten Dünen verloren gegangen sein würde, wenn die Schutzwerke nicht gebaut wären, läßt sich mit Sicherheit nicht feststellen. Aber selbst wenn man annehmen wollte, daß die geschützte Uferstrecke fast in in ihrer ganzen Länge denselben starken Abbruch gehabt hätte, der vor 1873 an der Stelle, wo er am größten war, stattgefunden hat, also jährlich 8,50 m, so würde in 30 Jahren ein Uferstreifen von 30 · 8,50 = 255 m Breite abgespült sein, etwa bis an die in Abb. 6 Bl. 6 eingetragene stark gestrichelte Linie, mit einem Flächeninhalt von ungefähr 40 ha. Für die zur Erhaltung dieses, sowohl an sich, als auch für den Schutz des weit zurückliegenden Inseldorfes fast ganz wertlosen Dünenstreifens sind Schutzwerke ausgeführt worden, die nach der im Eingange mitgeteilten Zusammenstellung an Baukosten 1 405 000 ℳ erfordert haben. Dazu kommen an Unterhaltungskosten in den 30 Jahren bis 1903 etwa 300 000 ℳ. Die für diese Werke bisher aufgewendeten Gesamtkosten stellen sich demnach auf rund 1 700 000 ℳ.

An der Westküste von Sylt ist die durch Strandbuhnen gedeckte Strecke rund 22 km lang, und es sind dafür aufgewendet worden an Baukosten 2 915 000 ℳ, an Unterhaltungskosten bis zum Jahre 1903 ungefähr 685 000 ℳ, zusammen 3 600 000 ℳ. Zur Abwendung einer naheliegenden Gefahr für den Bestand der Insel waren die Schutzwerke nicht nötig, denn für absehbare Zeit war weder ein Durchbruch der Insel, noch eine Zerstörung wertvoller Grundstücke oder Gebäude zu befürchten. Die älteren Inseldörfer und der im Jahre 1855 bei Kampen erbaute Leuchtturm liegen weit von der Küste zurück, der Leuchtturm noch über 1000 m. Erst in den letzten Jahrzehnten, als das Westerlander Seebad mehr in Aufnahme kam, sind dort einige Häuser auf oder unmittelbar hinter den am Uferrande liegenden Dünen gebaut worden. Was durch den Buhnenbau für den Schutz der Küste gegen Abbruch bisher erreicht worden ist, darüber

geben die schon erwähnten Profilaufnahmen einigen Aufschluß. Nach diesen Aufnahmen ist in Text-Abb. 3 eine übersichtliche Darstellung derjenigen Veränderungen eingetragen worden, die am Weststrande von Sylt auf der 12 km langen Strecke von Buhne IX^{N} bei Wenningstedt bis XXXIII^{N} bei den Lister Dünen in der Lage der Niedrigwasserlinie und der oberen Abbruchskante der Dünen, oder so weit der feste diluviale Inselkern an dem abbrüchigen Ufer zutage tritt, in der Oberkante des Kliffs eingetreten sind, und zwar:

1. in den acht Jahren von 1883 bis 1891, als die Buhnen IX bis XXI auf der südlichen Hälfte der Strecke teils während der ganzen Zeit, teils während der letzten sechs und sieben Jahre schon fertig waren, die nördliche Hälfte aber noch ungedeckt war;

2. in den aoht Jahren von 1891 bis 1899, als auch die Buhnen in der nördlichen Hälfte der Strecke größtenteils während der ganzen Zeit, im übrigen während der letzten sieben Jahre in Wirksamkeit waren.

Die Darstellung läßt zunächst ersehen, daß die Lage der Niedrigwasserlinie, von der nicht nur die Breite sondern auch die Höhe des Strandes abhängt, sowohl an den durch Buhnen geschützteu als an den ungeschützten Strecken sehr wandelbar ist, ganz in Übereinstimmung mit den Beobachtungen, die auch an anderen Stellen der Westküste von Sylt seit Jahren gemacht worden sind. In betreff des Zurückweichens der Düne und des Kliffs — des Küstenabbruchs — der in den beiden achtjährigen Zeiträumen vorgekommen ist, ergibt sich aus der Darstellung, daß dieser Abbruoh betrug:

1. in den acht Jahren von 1883 bis 1891 auf der durch Strandbuhnen gedeckten südlichen Strecke im Mittel 9,40 m und auf der ungedeckten nördlichen Strecke 11,20 m, oder durchschnittlioh jährlich 1,18 und 1,40 m;

2. in den acht Jahren von 1891 bis 1899, als beide Strecken durch Strandbuhnen gedeckt waren, auf der südlichen Hälfte im Mittel 11,40 m und auf der nördlichen 14,90 m oder durchschnittlich jährlich 1,42 und 1,86 m.

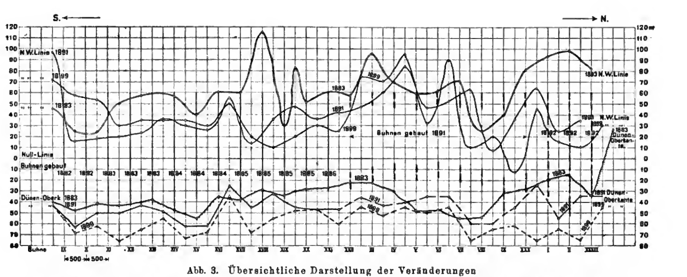


Abb. 3. Übersichtliche Darstellung der Veränderungen
in der Lage der Niedrigwasserlinie und der Dünenoberkante am Weststrande von Sylt auf der 12 km langen Strecke von Buhne IX[N] bis XXXIII[N] in den achtjährigen Zeiträumen 1883 bis 1891 und 1891 bis 1899.

Maßstab f. d. Längen 1:7500, f. d. Höhen 1:3000.



Diese Zahlen zeigen erstlich, daß der Abbruch in den letzten acht Jahren auf der ganzen Strecke größer war als in den vorhergegangenen, ferner, daß der Abbruch in beiden achtjährigen Zeiträumen in der nördlichen Hälfte größer war, als in der südlichen; aber sie geben nicht den geringsten Anhalt dafür, daß durch die Strandbuhnen eine Verminderung des Abbruchs herbeigeführt worden ist. Auch nach den an anderen Stellen der Küste angestellten Messungen wird ein ziffermäßiger Nachweis dafür, daß die Buhnen für den Küstenschutz einen ersichtlichen Nutzen gehabt haben, schwerlich zu erbringen sein. Jedenfalls hat der Abbruch selbst an den Stellen bisher nicht aufgehört, wo die Buhnen nun schon mehr als 20 Jahre gelegen haben, und trotz der großen Sorgfalt, die während all dieser Zeit auf die Pflege der Vordünen verwandt worden ist. Haben hiernach die Buhnen für die Erhaltung der Inselküste seither einen erkennbaren Nutzen nicht gehabt, so bleibt noch zu untersuchen, ob nicht darauf gerechnet werden kann, daß sie nach Verlauf einer längeren Zeit einen wirksamen Schutz herbeiführen werden. In dieser Beziehung wird in den Erläuterungen zu dem Kostenanschlag über die zuletzt ausgeführten Werke vom 26. Mai 1888 gesagt, daß auf der Strecke vor dem Rothenkliff, wo die derzeit bereits fertigen Buhnen um durchschnittlich 10 m kürzer als die übrigen hatten angelegt werden müssen, eine Vordüne sich noch nicht habe ausbilden können, daß aber diese Verhältnisse sich ändern würden, wenn das Kliff mehr zurückgewichen ist und die Buhnen unter Festhaltung der Köpfe mehr nach rückwärts verlängert sind. Diese Anschauung ist ohne Zweifel richtig. Denn wenn die Buhnenköpfe festgehalten werden und das Ufer zurücktritt, so wird der Strand nicht nur breiter, sondern in der Erbreiterung auch höher und eine gewisse Breite und Höhe des Strandes ist erfahrungsgemäß zur Bildung von Vordünen notwendig.[31]) Mit der Zeit wird demnach ein Zustand eintreten, bei dem es möglich ist,

31) S. Handbuch des Deutschen Dünenbaues von Paul Gerhardt, Berlin 1900, S. 129 u. 377.

Vordünen soweit auszubilden und zu erhalten, daß die Küste dadurch gegen Abbruch recht wirksam geschützt wird. Zwar nicht vollständig und für alle Fälle, aber doch insoweit, daß Zerstörungen am festen Ufer nur noch bei sehr hohen Sturmfluten vorkommen werden und der Küstenabbruch demnach langsamer als bisher fortschreiten wird. Ist nun diese mit der Zeit zu erwartende Nutzwirkung der Buhnen von solchem Wert, daß die Kosten für den Bau und die Unterhaltung der Werke darin ihre Rechtfertigung finden können? Die nachstehende Darlegung wird zeigen, daß diese Frage verneint werden muß. Nehmen wir den — nach den über die Wirkungen der Buhnen bisher gemachten Erfahrungen nicht sehr wahrscheinlichen — Fall an, daß schon nach 30 Jahren der Strand überall die zur Bildung und Erhaltung einer schützenden Vordüne nötige Breite und Höhe erhalten habe und daß es dann durch sorgfältige Pflege der Vordüne erreicht würde, den jährlichen Uferabbruch, der bisher im Mittel 0,86 m betrug, auf ein sehr geringes Maß, etwa auf 0,06 m herabzumindern, so würde der in Geld zu bewertende jährliche Nutzen der Buhnen darin bestehen, daß ein Dünenstreifen von 22 km Länge und 0,80 m Breite mit einem Flächeninhalt von 1,76 ha, der ohne den Buhnenschutz durch Abbruch verloren gegangen wäre, den Inselgemeinden, zu deren Eigentum die Dünen gehören, erhalten bliebe. Für die Buhnon sind an Bau- und Unterhaltungskosten bisher aufgewendet worden rund 3600000 ℳ. Gegenwärtig und bis auf weiteres werden für die Unterhaltung der Werke jährlich 65000 ℳ verausgabt. Mit dieser Jahresausgabe und den bereits aufgewendeten Bau- und Unterhaltungskosten der Buhnen ist die Erhaltung des schmalen Uferstreifens, der in den nächsten Jahren noch überaus klein und erst für eine viel spätere Zeit, wenn die Buhnen ihre volle Nutzwirkung erreicht haben werden, auf jährlich etwa 1,76 ha zu veranschlagen ist, sehr teuer erkauft. Unter der vorhin gemachten Annahme, daß dieser Beharrungszustand schon nach 30 Jahren eintreten wird, und unter der ferneren Annahme, daß der Abbruch von jetzt ab

in den 30 Jahren stetig abnimmt, würde die Dünenfläche, deren Erhaltung nach Ablauf dieses Zeitraums dem Buhnenschutz zuzuschreiben wäre, auf $\frac{30 \cdot 1,76}{2} = 26,4$ ha zu veranschlagen sein, und die bis dahin für den Uferschutz verausgabten Kosten werden, ohne Anrechnung von Zinsen und ohne die auf etwa 15000 ℳ jährlich sich belaufenden Kosten für die Pflege der Vordünen, 5550000 ℳ betragen. Diese Summe ergibt sich, wenn den 3600000 ℳ, die für den Bau und die Unterhaltung der Buhnen bisher verausgabt sind, die ferneren Unterhaltungskosten für 30 Jahre mit je 65000 ℳ hinzugerechnet werden. Also nach 30 Jahren eine Ausgabe von 5550000 ℳ für die Erhaltung von 26,4 ha Dünenland, das ist für 1 ha mehr als 200000 ℳ. Bis jetzt und solange die Buhnen ihre volle Nutzwirkung noch nicht erreicht haben, ist das Mißverhältnis zwischen dem Nutzen der Werke und ihren Kosten selbstverständlich noch sehr viel größer.

Alle diese Darlegungen zeigen, daß vor ungefähr 30 Jahren, als auf Baltrum, Spiekeroog und Sylt mit der Ausführung von Schutzbauten begonnen wurde, bei keiner dieser drei Inseln eine dringende Notwendigkeit dafür vorlag. Der Staatskasse würden viele Kosten erspart worden sein, wenn der Bau der Schutzwerke weniger beeilt und mehr Zeit darauf verwandt worden wäre, sowohl die Frage der Notwendigkeit wie die der Zweckmäßigkeit dieser Werke gründlicher zu prüfen. Denn daß viele der ausgeführten Werke auch bei ihrer ersten Anlage wenig zweckentsprechend gewesen sind und wiederholt recht kostspielige Um- und Ergänzungsbauten veranlaßt haben, wird aus dem zweiten Teil dieser Abhandlung ersichtlich werden.

Hinsichtlich Borkum, Norderney und Helgoland ist schon zu Anfang gezeigt worden, daß und aus welchen Gründen die Anlage von Schutzwerken notwendig war. An den übrigen ost- und nordfriesischen Inseln sind aus Staatsmitteln nur noch einige Schutzbauten bei Föhr und Amrum, sowie an den kleineren Überresten der nordfriesischen Marschinseln,

den sogenannten Halligen ausgeführt worden. Bei Föhr zwei Reihen Pfahlbuhnen zum Schutz von Uferstrecken an der Südostküste bei Wyk und an der Westküste bei Utersum, die beide stark im Abbruch lagen; bei Amrum eine Reihe teils Pfahl-, teils Steinbuhnen zum Schutz einer ebenfalls in Abbruch liegenden Uferstrecke an der Westküste bei Norddorf, wo die Dünenkette unterbrochen und das zu schützende Land guter wertvoller Marschboden ist. Die Baukosten haben für die beiden Buhnengruppen auf Föhr 131000 ℳ und für die Amrumer Schutzwerke 124000 ℳ betragen. Unterhaltungskosten sind bisher für die Buhnen auf Föhr nicht erwachsen, und für die auf Amrum waren sie ganz unbedeutend. Da die Pfähle meist in festem Kleiboden, zum großen Teil auch in ihrer vollen Länge unter Mittelwasser stehen, so werden die Kosten der Unterhaltung voraussichtlich auch in Zukunft nur gering sein. Deshalb kann wohl angenommen werden, daß der Schutz, den die beiden Inseln von diesen Buhnenanlagen haben, durch die Bau- und Unterhaltungskosten der Werke nicht allzu teuer erkauft ist. Die Schutzbauten an den Halligen sind zum größten Teil in Verbindung mit Landgewinnungsarbeiten ausgeführt worden. So an der Hamburger Hallig, die in den Jahren 1873 und 1874 an der Westseite durch die Anlage einer Steinböschung gegen Abbruch geschützt und durch einen Damm mit dem Festlande verbunden wurde. So auch an den Halligen Oland und Nordmarsch-Langeneß, wo zur Verbindung miteinandor und mit dem Festlande in den Jahren 1896 bis 1899 zwei Dämme hergestellt und die abbrüchigen Ufer teils gleichzeitig mit den Dammbauten, teils in den darauf folgenden Jahren durch Steinböschungen, Buhnen und Abdämmung von Stromrinnen gegen weiteren Abbruch geschützt wurden. Ohne daß eine Verbindung mit dem Festlande hergestellt wurde, sind in den Jahren 1896 bis 1899 ferner noch Schutzwerke zur Sicherung der abbrüchigen Ufer an der Hallig Gröde-Appelland gebaut worden, die aber zugleich die Verlandung einer großen Einbuchtung an der Westseite der Hallig zur Folge haben werden. Ein Damm zur

Verbindung der Insel Nordstrand mit dem Festlande wird in den nächsten Jahren zur Ausführung kommen. Fertige Entwürfe liegen noch vor für den Bau eines Dammes zwischen der Hallig Nordstrandischmoor und dem Festlande, in Verbindung mit Schutzbauten zur Sicherung der Hallig gegen weiteren Abbruch und für Schutzbauten an der Hallig Hooge. Der Entwurf für Nordstrandischmoor bildet einen Teil des Gesamtplans der Landgewinnungsarbeiten, deren gute Erfolge bei den Bauten an der Hamburger Hallig, sowie an den Halligen Oland und Nordmarsch-Langeneß bereits vor Augen liegen. Die Hallig Hooge liegt vom Festlande soweit ab, daß sie als Stützpunkt für Landgewinnungsarbeiten nicht verwertet werden kann, und daß sie viel weniger noch als die größeren Inseln mit ihren hohen Dünenketten den Deichen an der Festlandsküste einen fühlbaren Schutz gegen Sturmfluten gewähren kann, liegt auf der Hand. Aber die Hallig mit 47 Wohngebäuden, 170 Bewohnern und einer Grundfläche von reichlich 500 ha guten Marschbodens hat an sich einen bedeutenden Wert, und dieser Wert kann durch kleine und wenig kostspielige Sommerdeiche noch sehr erhöht werden, so daß die Aufwendung größerer Geldmittel für ihre Erhaltung wohl gerechtfertigt erscheint. Wie die historische Karte Abb. 9 Bl. 3 u. 4 ersehen läßt, ist die Hallig seit 1648 hauptsächlich an der Nordostseite kleiner geworden. Dort zeigt sie auch jetzt den stärksten Abbruch, der, wie der Augenschein ergibt, besonders dadurch herbeigeführt wird, daß die tiefe Stromrinne der Süderau sich hart an der nordöstlichen Halligküste hinzieht. An der Süd- und Westseite wird die Hallig durch eine hohe und breite Sandbank gut geschützt. Uferschutzbauten sind also nur oder doch hauptsächlich an der Nordostseite nötig. Sollte die Ausführung des vorgelegten Entwurfs beanstandet werden, weil die Kosten im Vergleich zu dem Wert der Hallig zu hoch sind, so dürfte zu erwägen sein, ob nicht ein recht wirksamer Schutz schon dadurch erzielt werden könnte, daß die tiefe Stromrinne der Süderau durch Einbauten von dem Halligufer abgelenkt wird und die meisten der zahlreichen Wasserläufe,

welche die Hallig durchziehen, in gleicher Weise, wie es auf Nordmarsch und Langeneß geschehen ist, gegen den regelmäßigen Eintritt der Flut abgedämmt werden. Die Kosten würden sich dadurch soweit ermäßigen, daß sie zu dem wirtschaftlichen Wert der Hallig und der nach Sicherung der Ufer zu erzielenden Werterhöhung des Landes ganz ohne Zweifel in einem angemessenen Verhältnisse stehen.

Frage 2. **Welche Lehren sind in betreff der Bauart der Strand- und Dünenschutzwerke aus den Erfahrungen zu ziehen, die bei den bisher ausgeführten Bauten dieser Art gemacht worden sind?**

Nach ihrem Zweck und ihrer Bauart zu unterscheiden sind die zur Sicherung des Strandes bestimmten Schutzwerke von denen, die zur Sicherung des Fußes der anschließenden Dünen bestimmt sind. Zum Strandschutz werden Buhnen, zum Dünenschutz Parallelwerke gebaut. Die Buhnen sollen eine Abnahme des Strandes in der Höhe wie in der Breite verhindern, sie müssen deshalb in ihrer ganzen Länge dem Wellenangriff, in ihren Köpfen gegebenenfalls auch einer den Strand angreifenden Strömung widerstehen können. Die Dünenschutzwerke sollen den Fuß der Dünen gegen den Angriff der Meereswellen sichern, sie müssen deshalb die zu schützendon Uferstrecken in ihrer ganzen Länge umfassen, sich entweder nahe vor dem Dünenfuß hinziehen oder unmittelbar an ihn anlehnen und solche Höhe haben, daß selbst bei den höchsten Sturmfluten ein Überschlagen der Wellen verhindert wird.

I. Strandschutzwerke.

a) Strandbuhnen auf Wangeroog.

Die ersten Straudbuhnen an den ost- und nordfriesischen Inseln wurden in den Jahren 1818 bis 1821 bei Wangeroog ausgeführt. Ihre Lage an der Westseite dor Insel ist aus der Karte Abb. 5 Bl. 6 zu ersehen. Sie wurden ganz aus Strauchwerk, ohne Steinabdeckung hergestellt. Zunächst nur die mit 1, 2 und 3 bezeichneten Werke; Nr. 1 im Anschluß an ein Packwerk, welches im Jahre 1814 zur Sicherung des

Leuchtturmes an dessen Seeseite hergestellt worden war, Nr. 2 und 3 zur Durchdämmung des kleinen Priels, der sich zwischen der Insel und dem Baderiff gebildet hatte. Diese Werke wurden schon im Winter 1821/22, also gleich nach ihrer Vollendung stark beschädigt; in der hohen Sturmflut vom 3./4. Februar 1825, die große Beschädigungen an den Dünen und die Zerstörung des Leuchtturmes herbeigeführt hatte, hatten sich dagegen die Buhnen gut gehalten. In den Jahren 1832 und 1834 wurden die in der Karte mit Nr. 4 u. 5 bezeichneten Buhnen angelegt; gleichzeitig wurden die übrigen Werke erhöht, was zur Folge hatte, daß die Balje rasch aufwuchs. Das Riff rückte mehr und mehr an die Insel heran, nahm aber selbst an Breite ab und wurde zusehends niedriger. In den beiden Jahren 1839 bis 1841 hatte sich die äußere Kante des Riffs der Insel genähert, 1843 waren die Buhnen fast ganz versandet, doch wurden die Seeenden der beiden Buhnen 1 und 2 in den Jahren 1846/47 ganz freigespült und deshalb in 150 Fuß Länge aufgenommen. In den nächsten Jahren trat dasselbe auch bei den übrigen Buhnen ein, und seit 1850 scheinen sie sämtlich ganz aufgegeben zu sein.[32])

Aber nachdem die in den Sturmfluten von 1854/55 und in den darauf folgenden Jahren gemachten Erfahrungen die Notwendigkeit von Schutzwerken zur Erhaltung der Insel so eindringlich dargelegt hatten, wurden in den Jahren 1878 bis 1880 zunächst an der Westseite, später auch an der Nordseite kräftige Dünenschutzwerke und in Verbindung damit eine Reihe von Buhnen ausgeführt. Diese neuen Buhnen, von denen einige noch unvollendet sind, unterscheiden sich von den vorhin erwähnten darin, daß sie ebenso, wie die neueren Strandbuhnen auf den preußischen ostfriesischen Inseln mit Steinen abgedeckt werden. Die in den letzten Jahren von Oldenburg gebauten Buhnen sind 8 m breit, sie erhalten

32) Die vorstehenden Angaben über die Strandbuhnen auf Wangeroog verdanke ich einer Mitteilung des Herrn Geheimen Oberbaurats Tenge in Oldenburg.



am Kopf auf 30 m Länge eine Basaltdecke, im übrigen eine Abdeckung mit Sandsteinen.

b) Strandbuhnen auf Norderney.

Für die Westküste von Norderney wurde der Bau von Strandbuhnen zuerst im Jahre 1843 angeregt. Am 13. Dezember 1847 berichtet der Wasserbauinspektor in Norden, daß von den beiden auf dem Badestrande inzwischen aufgeführten Buschdämmen einer auf 85 Fuß Länge ganz weggerissen sei, nur die beiden Enden von 54 und 60 Fuß Länge seien stehen geblieben. Aber nach einem ferneren Bericht vom 16. März 1848 waren auch diese beiden Enden schon im Laufe des Winters verschwunden. Eine Erniedrigung des Strandes war trotzdem nicht eingetreten. Der Wasserbauinspektor hielt deshalb die Anwendung künstlicher Mittel für die gute Instandhaltung des Badestrandes nicht für erforderlich und riet von einer Wiederherstellung der Buhnen auch aus dem Grunde ab, weil derartige Dämme ohne schwere Steinbelastung nach seiner Meinung nicht haltbar seien. Die Generaldirektion des Wasserbaues in Hannover erklärte sich hiermit einverstanden. Desungeachtet beantragte der Wasserbauinspektor im Frühjahr 1849 „zur weiteren Erhöhung des Strandes“ den Bau von zwölf Buschschlengen, die dann aber unter Hinweis auf die mit den früheren gleichen Werken gemachten Erfahrungen nicht genehmigt wurden.

Erst zehn Jahre später wurde zur Sicherung des in den Jahren 1857/58 ausgeführten Dünenschutzwerkes ein Entwurf zum Bau von Strandbuhnen wieder aufgestellt, aber diesmal wurden keine Buschdämme, sondern schwere Steinbuhnen vorgeschlagen. Fünf davon kamen in den Jahren 1861 bis 1863 zur Ausführung. Sie sind in dem Lageplan Abb. 4 Bl. 6 mit *A, B, C, D* und *D'* bezeichnet und schließen sich mit ihren Wurzelenden dem kurz vorher erbauten Dünenschutzwerk an; ihre Grundrißform, ihren Längen- und Querschnitt zeigen die Abb. 15 bis 18 Bl. 6. 1864 und 1867 wurden noch zwei Buhnen von gleicher Bauart ausgeführt. Die später, von 1873 bis 1877, erbauten Werke sind am

Kopfende in dem Hauptkörper etwas schmäler, die Bermen sind durchweg nur 1,25 m breit und die Abdeckung, die bei den älteren Buhnen überall aus Quadern besteht, ist hier zum Teil aus Bruchsteinen hergestellt worden. Alle diese Buhnen haben sich insofern gut bewährt, als sie durch den Wellenschlag selbst bei den höchsten Sturmfluten nur wenig beschädigt worden sind. Nnr bei den nach 1873 erbauten Buhnen der etwas leichteren Bauart haben die Kopfenden nachträglich durch die Anlage einer 2,50 m breiten Berme verstärkt werden müssen. Diese Berme ist um das halbkreisförmige Abschlußende und den 10 m langen Kopf herumgeführt und schließt, in der Breite allmählich auf 0,50 m abnehmend, in 10 m Entfernung vom Kopfende ab.

Bei den in den Jahren 1861 bis 1863 erbauten Buhnen aber hat es sich als ein folgenschwerer Mangel erwiesen, daß die Köpfe dieser Werke nur bis an die Linie des mittleren Niedrigwassers reichten und nicht, wie es von dem Aufsteller des Entwurfes, dem derzeitigen Wasserbaukondukteur Telle in Norden vorgeschlagen war, bis zur größten Tiefe des Seegats vorgeschoben wurden. Der Entwurf war bearbeitet worden, nachdem Messungen von 1857 und 1859 ergeben hatten, daß in der Zwischenzeit eine bedeutende Abnahme des Strandes und des Seegrundes vor dem an der Westseite der Insel neuerbauten Dünenschutzwerk stattgefunden hatte, beides infolge des Angriffs, der durch die starke Ebbe- und Flutströmung des hart an der Küste vorbeifließenden Busetiefs auf den Strand und die Unterwasserböschung ausgeübt wurde. Die Buhnen hatten demnach nicht nur den Strand zu schützen, sondern mußten, um ihren Zweck zu erfüllen, auch die weitere Annäherung der Tiefe verhindern. Wenn die Stromtiefe nicht ferngehalten wurde, so war vorauszusehen, daß die dauernde Erhaltung des Strandes von den Buhnen nicht erwartet werden konnte und daß der Bestand der Buhnen selbst sehr bald gefährdet werden würde. Der in dem Telleschen Entwurf enthaltene Vorschlag, in Verbindung mit den Strandbuhnen und zwar durch Sinkstücke, die vor den Köpfen der Buhnen verlegt

werden sollten, eine Sicherung der Unterwasserböschnng bis zur größten Stromtiefe herbeizuführen, war daher durchaus zweckentsprechend. Diese Arbeiten sind aber bei der Prüfung und Feststellung des Entwurfes gestrichen worden. Wahrscheinlich in der Annahme, daß der Bau über die Niedrigwassergrenze hinaus zu schwierig und zu kostspielig sein würde, eine Ansicht, die derzeit und auch später noch von hervorragenden Wasserbautechnikern vertreten wurde. Noch in dem Handbuch des Wasserbaues von Franzius und Sonne — Ausgabe von 1879 — wird, nach einigen kurzen Angaben über den Zweck der Strandbuhnen und über die bei ihrer Anlage besonders zu beachtenden Gesichtspunkte, hinsichtlich ihrer Länge folgendes bemerkt (Seite 794):

„Dem Vorspringen der Köpfe wird jedoch, wo Ebbe und Flut herrscht, fast unbedingt durch das Niedrigwasser eine Grenze gezogen, nnd an anderen Meeresküsten wenigstens durch die Linie des niedrigen Mittelwassers. Denn es würde unverhältnismäßig teuer kommen, noch weiter hinaus zu bauen, weil wegen der steten Brandung selbst kleine Fahrzeuge nicht unmittelbar am Strande liegen dürfen und die Herstellung von interimistischen Gerüsten, wie sie z. B. bei Molenbauten vorkommen, eben selbst schon große Kosten verursachen würde. Man ist deshalb auf die kurze Zeit des Niedrigwassers beschränkt, um an den Kopf der Buhnen ohne weitere Hilfe als etwa mit leichten Hebezeugen vom Strande nnd dem bereits fertigen Ende aus zu arbeiten. Bei jedem etwas stürmischen Wetter ist außerdem das Arbeiten in der Nähe der Köpfe auch bei niedrigem Wasser unmöglich."

Spätere Bauausführungen haben aber gezeigt, daß die gegen das Vorschieben der Buhnenköpfe über die Niedrigwasserlinie hinaus hier vorgebrachten Bedenken ganz unbegründet sind; die Arbeiten haben sich weder als besonders schwierig noch als unverhältnismäßig teuer erwiesen. Und die an den Norderneyer Buhnen gemachten Erfahrungen haben ferner erwiesen, daß der Abstrich der zur Deckung der Unterwasserböschung bestimmten Arbeiten ein technischer

Fehler war, der sich — wie hier gleich gezeigt werden soll — durch die viel größeren Aufwendungen, die zur Sicherung und zum Ausbau der Buhnenköpfe später notwendig geworden sind, schwer gerächt hat.

Schon in den siebziger Jahren kamen die Köpfe der Buhnen *A* bis *D* in Gefahr, durch den Stromangriff des Busetiefs unterspült zu werden. Die tiefe Stromrinne trat von Jahr zu Jahr näher an die Buhnenköpfe heran, und weil infolge davon auch der Strand zwischen den Buhnen an Höhe und Stärke abnahm, mußten die Kopfenden der Werke nicht nur nach vorne, sondern auch an den Seiten gegen Unterspülung geschützt werden. Zu dom Zweck wurden an den Seiten Bermen angelegt und die Böschung vor den Köpfen wurde mit Senkfaschinen abgedeckt. Eine ganze Reihe derartiger Sicherungsarbeiten ist in den siebziger und achtziger Jahren zur Ausführung gekommen. Aber damit wurde die Gefahr auf die Dauer nicht abgewandt. Im Jahre 1892 mußten zur Sicherung des einen Buhnenkopfes *C* wieder 25000 ℳ aufgewendet werden, und im Januar 1897 hatte sich vor dieser Buhne ein 27 m unter Mittelniedrigwasser tiefer Kolk gebildet, der den Bestand der Buhne derart gefährdete, daß für die zur vorläufigen Sicherung notwendigen Arbeiten 90000 ℳ verausgabt werden mußten. Noch in demselben Jahre wurde ein Entwurf zum Ausbau von vier Buhnenköpfen — außer von *C* auch von *B*, *D* und *E* — aufgestellt und genehmigt, dessen Kosten auf 1350000 ℳ veranschlagt waren (s. Abb. 5 Bl. 1 u. 2). Nach diesem Entwurf sollten die Köpfe in den Längsrichtungen der Buhnen mit dreifacher Böschnng bis zur vollen Stromtiefe hinabgeführt werden, sie sollten auch dreifache Seitenböschungen erhalten und mit Ausnahme der kleinen über Niedrigwasser liegenden Teile der Kronen ganz aus Senkfaschinen hergestellt werden. Kurz vor dem Beginn der Ausführung wurde aber der Entwurf auf Veranlassung des Verfassers dieser Schrift noch in der Weise abgeändert, daß die Köpfe im Längenschnitt der Buhnen anstatt der in Aussicht genommenen dreifachen eine sechsfache Böschung erhielten und

der Ausbau anstatt durch Senkfaschinen durch planmäßig herzustellende und zu verlegende Sinkstücke vorgesehen wurde. Von seiten der örtlichen Bauverwaltung wurden gegen diese Bauweise zunächst noch Bedenken erhoben, die hervorgegangen waren aus der schon erwähnten Anschauung, daß das Vorlegen von Sinkstücken an der gegen Strömung und Wellenschlag ganz ungeschützten Baustelle und in der großen Tiefe sehr schwierig sein werde. Durch einige an Ort und Stelle vorgenommene Versuche wurde aber nachgewiesen, daß diese vermeintlichen Schwierigkeiten in Wirklichkeit nicht von Belang waren und von der Durchführung des neuen Entwurfes nicht abhalten konnten. Die Erwägungen, die zur Abänderung des Entwurfes geführt hatten, waren teils technischer, teils geldlicher Natur. In technischer Beziehung mußte es nach den auf Norderney schon gemachten Erfahrungen mindestens recht zweifelhaft erscheinen, ob die aus großen Haufen von Senkfaschinen zusammengeschütteten Buhnenköpfe die Angriffe von Strömung und Wellenschlag würden aushalten können. Außerdem konnte eine wesentliche Abschwächung des Stromangriffs auf die Uferböschung zwischen den Werken und auf den Strand von ihnen nicht erwartet werden, weil die Kopfböschungen zu steil waren, so daß, wie die Abb. 5 Bl. 1 u. 2 zeigt, der Fuß des Kopfes bei der am meisten gefährdeten Buhne *C* mit der größten Kolktiefe zusammenfiel. Um die Buhnenköpfe widerstandsfähiger zu machen, wurde in dem abgeänderten Entwurf die Verwendung von Sinkstücken in Aussicht genommen; um die Stromtiefe weiter vom Ufer abzudrängen, den vorhandenen tiefen Kolk möglichst zu beseitigen und neue Kolkbildungen zu vermeiden, wurde für die Kopfböschung anstatt der dreifachen eine sechsfache Anlage vorgesehen. Dadurch wurde, wie die Abb. 5 Bl. 1 u. 2 ersehen läßt, erreicht, daß der Kolk in seiner ganzen Breite durchbaut wurde und der Fuß des Kopfes *C* anstatt nach dem ursprünglichen Entwurf in der Kolktiefe von 24 m in der mittleren Sohltiefe des Flußbettes von rund 14 m auslief. Der Buhnenkopf war demnach bedeutend länger geworden, und diese Verlängerung würde, wenn die in

dem ursprünglichen Entwurf vorgesehenen Querschnittsverhältnisse beibehalten worden wären, eine sehr beträchtliche Zunahme des kubischen Inhalts des einzubauenden Faschinenkörpers und mithin auch eine entsprechende Erhöhung der Kosten zur Folge gehabt haben. Um diese zu vermeiden,

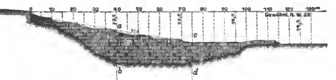


Abb. 4. Längenschnitt des Kopfes der Buhne *C*.

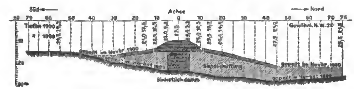


Abb. 5. Querschnitt *a b*.

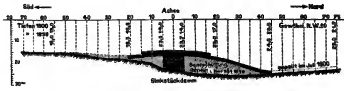


Abb. 6. Querschnitt *c d*.

Abb. 4 bis 6. Ausbau der Buhne *C* auf Norderney.

mußte eine Beschränkung der Breitenabmessungen ins Auge gefaßt werden, und die Prüfung der Frage, wie solche am zweckmäßigsten herbeigeführt werden könne, führte zu dem Entwurf, der in den Text-Abb. 4 bis 6 im Längenschnitt und in zwei Querschnitten dargestellt ist. Der neue Entwurf geht von dem Gedanken aus, daß eine wesentliche Verringerung in der Breite und dem kubischen Inhalt des einzubauenden Faschinenkörpers durch eine Zuschüttung des

Kolkes mit Boden zu erreichen sei und daß diese Zuschüttung trotz der dazu erforderlichen großen Bodenmenge sich bedeutend billiger stellen werde, als die Durchbauung des Kolkes mit Sinkstücken von Faschinen. Aber es konnte zweifelhaft sein, ob der angeschüttete Boden nicht durch die Ebbe und Flutströmung in kurzer Zeit wieder weggeführt werden würde und ferner, ob er sich fest genug ablagern würde, um den neuen Buhnenkopf tragen und den während und nach der Vollendung des Baues auf ihn einwirkenden Stromkräften widerstehen zu können. Um in beiden Richtungen möglichste Sicherheit zu erlangen, wurde in dem Entwurfe vorgesehen, den Kolk nicht nur mit Baggerboden auszufüllen, sondern in der Mittellinie des Buhnenkopfes mit einem schmalen aus Sinkstücken herzustellenden Faschinendamm zu durchbauen. Dem Sinkstückbau fiel dabei die doppelte Aufgabe zu, den Bodenschüttungen Schutz gegen die Stromangriffe zu gewähren und den Kern des über ihm zu errichtenden Buhnenkopfes gegen größere Versackungen zu sichern. Die Breite des Sinkstückdammes wurde entsprechend der Kronenbreite des Buhnenkopfes auf 10 m und seine Höhe so bemessen, daß die Krone auf ungefähr gleiche Höhe gelegt wurde mit der Sohle des Seetiefs vor und zu den Seiten des Kolkes, auf rund 14 m unter Mittelniedrigwasser. Bis zu derselben Höhe wurde der Kolk auch mit Boden ausgefüllt und zwar mit Sand, der an dem jenseitigen Ufer des Busetiefs, an dem östlichen Abhang des Strandes der Insel Juist durch Baggerung gewonnen wurde. Bei der Bauausführung wurde darauf gehalten, daß die Bodenschüttung mit dem Dammbau ungefähr gleichen Schritt hielt, so daß größere Höhenunterschiede, von denen stärkere Ausspülungen des eingeschütteten Bodens befürchtet werden mußten, vermieden wurden und zur Zeit der Vollendung des Dammes auch die Bodenschüttung soweit gediehen war, daß der Aufbau des Buhnenkopfes sich dem Dammbau unmittelbar anschließen konnte. In den drei Jahren 1898 bis 1900 kamen die Arbeiten an den vier Buhnenköpfen *B*, *C*, *D*, *E* nach Maßgabe des abgeänderten

Entwurfes zur Ausführung. Besondere Schwierigkeiten sind dabei nicht hervorgetreten. Zu beiden Seiten des Buhnenkopfes *C* mußte nur noch nachträglich eine Abdeckung durch Sinkstücke vorgenommen werden, weil die bald nach der Vollendung vorgenommenen Peilungen ergeben hatten, daß dort in dem aufgeschütteten Boden kleine Vertiefungen entstanden waren. Die Lage und Breite dieser Sinkstücke ist in den Querschnitten Text-Abb. 5 und 6 angegeben. Die Gesamtbaukosten mit Einschluß der Kosten für die eben erwähnte Seitenabdeckung haben 562450 ℳ betragen; im Vergleich zu den auf 1350000 ℳ veranschlagten Kosten des ersten Entwurfes sind demnach 787550 ℳ erspart worden.

In betreff der Wirkung dieser neuen Buhnenköpfe haben die seit ihrer Vollendung alljährlich vorgenommenen Peilungen ergeben, daß der Zweck, den Strom vom Inselufer abzulenken und die starken Wirbel mit ihren zerstörenden Einwirkungen auf den Strand zu beseitigen, erreicht worden ist. Die Tiefe im Stromschlauch vor den Buhnenköpfen hat sich wenig verändert und neue Kolkbildungen sind nicht eingetreten. Der Strand zwischen den Buhnen hat an Höhe und stellenweise auch an Breite zugenommen. Die Sandbank am gegenüberliegenden Juister Ufer ist nicht nur nicht vorgerückt, wie es in den Jahren vorher regelmäßig geschehen war, sondern in Abbruch gekommen.

Um zu zeigen, daß der Schutz des Strandes und der Buhnenköpfe gegen die Stromangriffe des Busetiefs sehr viel weniger Kosten erfordert haben würde, wenn nach dem Vorschlage von Tolle gleich bei der ersten Anlage der Buhnen eine Sicherung der Unterwasserböschung bis zur größten Stromtiefe herbeigeführt worden wäre, ist in der Abb. 3 Bl. 5 dargestellt worden, wie sich die Tiefen vor dem Kopf der Buhne *C* von 1857 bis 1896 verändert haben. Die Abbildung enthält den Querschnitt des Uferabhanges in der Richtung der Buhne nach Peilungen von 1857, 1887 und 1896. Danach war im Jahre 1857 vor dem Buhnenkopf noch ein reichlich 50 m breiter Strand und das Strombett

hatte unter Niedrigwasser auch eine ziemlich flach abfallende Böschung; eine Tiefe von 14 m fand sich erst in 150 m Entfernung vom Buhnenkopf. Im Jahre 1887 war der 50 m breite Strand vor dem Buhnenkopf verschwunden, und die Tiefe von 14 m war bis auf 25 m vom Buhnenkopf, also in 30 Jahren um 125 m vorgerückt, auch war die Böschung vor dem Kopf schon recht steil geworden, und in einer kleinen Vertiefung am Fuß der Böschung machte sich der Anfang einer Kolkbildung bemerkbar. Aber erst in den neun Jahren von 1887 bis 1896 ist durch die rasche Zunahme der Kolktiefe bis auf mehr als 25 m unter Niedrigwasser der gefahrdrohende Zustand entstanden, zu dessen Beseitigung die eben beschriebenen umfangreichen und kostspieligen Arbeiten ausgeführt werden mußten. Die mit sechsfacher Böschung bis zur vollen Stromtiefe hinabführende Uferdeckung hätte, wie die in die Abbildung eingetragenen punktierten Linien ersehen lassen, im Jahre 1857 mit sehr geringem und selbst 1887 noch mit mäßigem Materialverbrauch hergestellt werden können.

c) Strandbuhnen auf Borkum.

Auf Borkum wurden die ersten vier Strandbuhnen in den Jahren 1869 bis 1872 gebaut. Sie sind in dem Lageplan Abb. 1 Bl. 6 mit I bis IV bezeichnet, ihren mittleren Querschnitt zeigt die Abb. 7 Bl. 6. Sowohl der Hauptkörper als die beiden Bermen bestanden aus einem mit Quadern abgedeckten Faschinenpackwerk; sie waren am Kopfende etwas breiter als an der Wurzel, die Breite des Hauptkörpers betrug am Kopfende 5,80 m, am Wurzelende 4,70 m, die der beiden Bermen 1,80 und 1,20 m. Im Jahre 1873 wurde dann noch eine fünfte Buhne von gleicher Bauart und eine sogenannte Hilfsbuhne gebaut, letztere nach dem im Abb. 8 Bl. 6 dargestellten Querschnitt, also ähnlich wie die Hauptbuhne, nur von wesentlich geringerer Breite. Aber schon im Herbst 1873 wurden alle diese Buhnen durch eine nur als „mäßig hoch" bezeichnete Sturmflut hinterspült und mehr oder weniger stark beschädigt. Um weitere Hinterspülungen und Verluste

an den Dünen zu verhindern, wurde 1874 mit dem Bau von Dünenschutzwerken vorgegangen; um die Buhnen widerstandsfähiger zu machen, wurden sie nach und nach sämtlich umgebaut und durch Anlage neuer Bermen verbreitert. Sie erhielten dadurch die in den Abb. 9 und 10 Bl. 6 dargestellten Querschnittsformen, nach welchen bis zum Jahre 1877 auch noch einige neue Buhnen — eine Haupt- nnd fünf Hilfsbuhnen — gebaut wurden. Die als Hilfsbuhnen bezeichneten Werke wurden nachträglich zwischen die zuerst erbauten Werke eingeschoben, nachdem es sich herausgestellt hatte, daß diese für sich allein nicht haltbar waren und zu einem wirksamen Schutz der Strandflächen nicht genügten. In den Jahren 1879 und 1887 bis 1892 wurden dann die Buhnen VII bis XIII des Lageplanes ungefähr in der Bauweise ausgeführt, die sich auf Norderney schon seit Anfang der sechziger Jahre bewährt hatte. Ihr Grundriß und ihre Querschnitte sind in den Abb. 11 bis 14 Bl. 6 dargestellt. Für die beiden letzten in den Jahren 1893/94 ausgeführten Buhnen XIV und XV wurden wieder schwächere Querschnitte gewählt, weil diese einem weniger starken Wellenschlage ausgesetzt sind und deshalb eine geringere Kronenbreite für zulässig erachtet wurde. Von allen diesen Buhnen haben nur die nach dem Muster der Norderneyer erbauten sich als haltbar erwiesen. An den bis 1877 um- und neugebauten Buhnen (Abb. 9 u. 10 Bl. 6) mußten schon in den Jahren 1878 bis 1880 bedeutende Ausbesserungen und Verstärkungen vorgenommen werden, die einen Kostenaufwand von zusammen rund 121 000 ℳ erforderten. Auch später haben noch wiederholt größere Aufwendungen für die Instandhaltung dieser Werke gemacht werden müssen, u. a. im Jahre 1883 für die Verbreiterung der Buhnen III und IV 28 000 ℳ, 1885 für Verstärkung der Buhnenköpfe III und VI 16 000 ℳ, 1886/87 für Verbreiterung und Ausbesserung der Hilfsbuhne IV 30 700 ℳ. Jede der sechs Haupt- und sechs Hilfsbuhnen hat in dem ersten Jahrzehnt nach ihrer Vollendung im jährlichen Durchschnitt mehr als 2000 ℳ an Unterhaltungskosten erfordert. Das ist im Ver-

hältnis zu den Neubaukosten, die für die Hauptbuhnen im Durchschnitt etwa 30000 ℳ, für die Hilfsbuhnen zwischen 11 und 18000 ℳ betragen haben, sehr viel. Und vergleicht man die Neubau- und Unterhaltungskosten dieser Werke mit denen der nach Art der Norderneyer ausgeführten neueren Buhnen VII bis XIII, so ergibt sich daraus, daß die Summe beider sich für die letzteren niedriger stellt als für die ersteren. Die neueren Buhnen haben zwar in der ersten Anlage 40 bis 45000 ℳ gekostet, aber sie kosten sehr wenig zu unterhalten. Wenn außerdem berücksichtigt wird, daß ihre größere Haltbarkeit zugleich eine vermehrte Gewähr dafür bietet, daß Auskolkungen oder Abspülungen im Strande vermieden werden, so kann es nicht zweifelhaft sein, daß sie den älteren vor 1877 erbauten Werken vorzuziehen sind.

d) Strandbuhnen auf Baltrum.

Auf Baltrum wurde mit dem Bau von Strandbuhnen im Jahre 1873 begonnen. Die zum Schutz des westlichen Inselstrandes gegen die Angriffe der Wichter Ee bis 1878 ausgeführten fünf Werke — *A* bis *E* des Lageplanes, Abb. 3 Bl. 6 — sind von gleicher Bauart wie die Strandbuhnen auf Norderney, die drei älteren *A*, *B* und *C* sind ganz mit Quadern, die beiden anderen zum Teil mit Bruchsteinen abgedeckt. Sie schließen sich mit ihren Wurzelenden an das in den Jahren 1873 bis 1875 ausgeführte Dünenschutzwerk an. Die in dem Lageplan ferner angedeuteten Buhnen *F* bis *K* und *N* am Nordstrande wurden 1884 bis 86 und 1889, *L* und *M* am Südweststrande 1887/88 und zwar sämtlich ebenfalls im Anschluß an die gleichzeitig ausgeführten Verlängerungen des Dünenschutzwerkes angelegt.

Mit den zuerst angelegten Buhnen A, *B* und *C* wurden schon während der Bauausführung schlimme Erfahrungen gemacht, wogegen, wie hier gleich bemerkt werden soll, alle übrigen, die dem Stromangriff der Wichter Ee nicht ausgesetzt sind, sich bisher gut gehalten haben. Die im Jahre 1873 erbaute Buhne *A* sollte nach dem Entwurf eine Länge von 180 m erhalten, sie konnte aber infolge

zunehmender Verschlechterung des Strandes nur 135 m lang ausgeführt werden und wurde, noch bevor sie ganz fertig war, mitsamt eines am Wurzelende der Buhne gleichzeitig hergestellten 50 m langen Dünenschutzwerkes im Herbst 1873 durch eine Sturmflut vollständig zerstört. In den beiden folgenden Jahren wurden zuerst die Buhnen *B* und *C* in 165 und 138 m Länge angelegt und dann die Buhne *A* etwas südlich von ihrer alten Lage in 125 m Länge wieder hergestellt. Aber schon im Frühjahr 1875 hatte der tiefe Stromschlauch der Wichter Ee sich dem Strande soweit genähert, daß vor dem Kopf der Buhne *C* bei Niedrigwasser 3 m Wassertiefe vorhanden war und auch der Strand zwischen den Buhnen an Höhe und Breite verloren hatte. Im Jahre 1876 wurde deshalb der Kopf der Buhne *B* ringsum durch Anlage einer Berme verstärkt; bei Buhne *C* behalf man sich damit, den Kopf durch eine Senkfaschinenanlage zu decken, weil die inzwischen eingetretenen großen Tiefen eine Bermenanlage wie bei *B* nicht mehr gestatteten. Aber diese Verstärkungen erwiesen sich bald als ganz ungenügend. Denn schon durch die erste größere Sturmflut am 30./31. Januar 1877 wurden nicht nur beide Buhnenköpfe völlig zerstört, sondern auch das Dünenschutzwerk hinter den Buhnen und der Strand stark beschädigt. Und nachdem im Laufe des Jahres die Schäden ausgebessert, die Buhnen abermals durch Seitenbermen verstärkt und zum Schutz des Strandes zwischen den Buhnen *C*, *A* und *B* noch zwei kleine Zwischenbuhnen angelegt worden waren, führten schon die Sturmfluten im Herbst und Winter 1877/78 wiederum starke Beschädigungen herbei. Die Köpfe von *A*, *B*, *C* und der im Jahre 1876 neu erbauten Buhne *D* waren derart angegriffen, daß sie mit einem Kostenaufwand von 54600 ℳ durch Vorlegen von Senkfaschinen gesichert werden mußten. Infolge der starken Abnahme des Strandes ragten die Buhnen *A*, *B* und *D* mit ihren Hauptkörpern so hoch über den Strand heraus, daß zu ihrer Sicherung gegen seitliches Umkippen eine zweite Bermenanlage notwendig wurde. Die dafür erwachsenen Kosten betrugen rund 25000 ℳ. Nachdem diese Arbeiten

in den Jahren 1878/79 ausgeführt waren, mußten die Buhnen *A*, *C* und *D* im Jahre 1880 nochmals durch Bermen verstärkt und zwischen *C* und *D* außerdem eine neue Hilfsbuhne *D'* eingelegt werden. Die nächsten größeren Zerstörungen an den Buhnen entstanden durch die Sturmflut vom 13. Dezember 1883. Zur Sicherung der beschädigten Buhnenköpfe wurden jetzt vor den Köpfen alte mit Senkfaschinen und Steinen gefüllte Schiffe versenkt, um den Senkfaschinenschüttungen am Fuße feste Stützpunkte zu geben. Der Kopf der Buhne *A* mit den davor versenkten Schiffen ist in der Abb. 2 Bl. 6 dargestellt. Die Schiffe waren 15 bis 17 m lang und 3 bis 4 m breit. Für diese — nebenbei bemerkt recht unzweckmäßigen — Sicherungsarbeiten wurden bei den Buhnen *A*, *B* und *C* im Durchschnitt 67820 ℳ, bei *D* in der Zeit von 1878 bis 1892 164575 ℳ verausgabt. Trotz dieser großen Aufwendungen wurde im Mai 1898 ein auf 1170000 ℳ veranschlagter Entwurf vorgelegt, worin ein Ausbau der Buhnenköpfe in derselben Weise vorgesehen war, wie in dem ein Jahr vorher vorgelegten ersten Entwurf für Norderney. Die Köpfe der Buhnen *A* bis *D* sollten nach vorn und an den Seiten dreifache, aus Senkfaschinen herzustellende Böschungen erhalten und zwei von ihnen zur Gewinnung einer regelmäßigen Streichlinie etwas verkürzt werden. Dieser Entwurf ist in ähnlicher Weise wie kurz vorher der erste Entwurf für den Ausbau der Norderneyer Buhnenköpfe umgearbeitet worden. Die Köpfe haben demgemäß flachere Vorderböschungen, aber steilere Seitenböschungen erhalten, und der Ausbau ist anstatt durch Anwerfen von Senkfaschinen durch planmäßig hergestellte und verlegte Sinkstücke erfolgt. Die Kosten haben sich dadurch auf 235000 ℳ ermäßigt.

Bei einem Rückblick auf die vorstehende Baugeschichte der vier Strandbuhnen drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob nicht die zahlreichen Zerstörungen, die trotz aller Um- und Verstärkungsbauten immer wieder vorgekommen sind und die immer aufs neue kostspielige Arbeiten zur Sicherung der Werke notwendig gemacht haben, durch

eine zweckmäßigere Anlage der Bauwerke hätten vermieden werden können. Schon bei dem Beginn der Bauten mußte es auffallen, daß die erste kaum fertige Bnhne, obgleich sie nach einem auf dem benachbarten Norderney seit vielen Jahren bewährten Muster ausgeführt war, gleich durch die erste größere Sturmflut weggerissen wurde. Und es lag recht nahe, aus diesem Vorfall für den Weiterbau nützliche Lehren zu ziehen. Daß die so schnelle und so gründliche Zerstörung der Buhne in besonderen örtlichen Verhältnissen ihren Grund haben mußte, war im Hinblick auf die Erfahrungen, die mit ganz gleichartigen Werken auf Norderney gemacht worden waren, unverkennbar. Es war deshalb zu untersuchen, worin diese für den Bestand der Buhnen so gefährlichen Verhältnisse bestanden, und weiter zu prüfen, ob die Durchführung des für den Strand- und Dünenschutz aufgestellten Entwurfes danach noch empfohlen werden könne, oder ob und welche Abänderungen notwendig seien. Eine eingehende Erörterung dieser Fragen hätte zu der Erkenntnis führen müssen, daß es an der Westseite von Baltrum nicht, wie an den meisten anderen Küstenstrecken der ostfriesischen Inseln, allein der Wellenschlag ist, der den Strand angreift, sondern hauptsächlich die Flut- und Ebbeströmung in dem hart an der Inselküste liegenden tiefen Stromschlauch der Wichter Ee, ganz so, wie an der Westküste von Norderney, — wo Tolle bei der Aufstellung des Entwurfs für die in den Jahren 1861 bis 1863 ausgeführten Buhnen diese Verhältnisse richtig erkannt hatte, — daß demnach die zu erbauenden Schutzwerke nicht nur als Strandbuhnen, sondern zugleich und in erster Linie als Stromwerke zum Schutz der Uferböschung angesehen werden mußten. Als Stromwerke hatten sie die Aufgabe, die weitere Annäherung des tiefen Stromschlauches zu verhindern; die Köpfe der Buhnen mußten deshalb in eine regelmäßig geformte schlanke Streichlinie gelegt und mit möglichst flacher Böschung bis zur vollen Stromtiefe herabgeführt werden. Dadurch wären zugleich die tiefen Auskolkungen vermieden worden, die eine so starke Abnahme in der Breite und Höhe

des Strandes zur Folge hatten und die Erhaltung der Buhnen so wesentlich erschwert und verteuert haben. Die flachen Kopfböschungen hätten sich in den Jahren 1873 und 1874, als die ersten Buhnen gebaut wurden, und wie die in den Abb. 4 u. 5 Bl. 5 dargestellten beiden Stromprofile zeigen, sogar im Jahre 1875 noch ohne große Kosten herstellen lassen. Denn 1875 waren die Tiefen vor den Buhnenköpfen noch so gering, daß, wie die beiden Schnittzeichnungen ersehen lassen, die Herstellung und Befestigung selbst einer zehnfachen Böschung nur wenig Arbeit erfordert haben würde. Im Jahre 1878 hatten dagegen, wie aus denselben Abbildungen hervorgeht, die Buhnenköpfe schon 14 bis 15 m zurückgezogen werden müssen, und an den Stellen, wo vor drei Jahren die Köpfe geendigt hatten, waren 8 bis 9 m Wassertiefe. Damals hätte die Anlage flach geböschter Buhnenköpfe schon recht beträchtliche Kosten erfordert, in der Zeit bis 1875 aber würde zum Schutz der Unterwasserböschung gegen weitere Abspülung eine einfache Sinkstückabdeckung von etwa 10 m Breite und 1 m Dicke genügt haben. Denkt man sich diese Abdeckung in zehnfacher Böschung überall bis zur derzeitigen größten Sohlentiefe von 10 m herabgeführt und rechnet man dazu noch ein Stück Sohlenabdeckung von etwa 20 m Länge, so stellt sich der Körperinhalt der dazu erforderlichen Sinkstücke auf $120 \cdot 10 \cdot 1 = 1200$ cbm. Die Kosten einer solchen Abdeckung würden mit Einschluß der zur Belastung der Sinkstücke wie zur Ausfüllung der Fugen und Ausgleichung kleiner Unebenheiten erforderlichen Steine höchstens etwa 20 *M* für 1 cbm, mithin für 1200 cbm 24000 *M* betragen haben, für die vier Buhnenköpfe zusammen also rund 100000 *M*.

Daß eine solche Böschungsabdeckung ein geeignetes Mittel gewesen wäre, die Annäherung der Tiefe und die großen Auskolkungen vor den Buhnenköpfen mit ihren schädlichen Einwirkungen auf die Breite und Höhe des Strandes zu verhindern, ist nach den an anderen Stellen unter ähnlichen Verhältnissen gemachten Erfahrungen nicht zweifelhaft. Alle zur nachträglichen Sicherung der Buhnenköpfe

notwendig gewordenen Arbeiten — also besonders die von 1878 bis 1892 ausgeführten Schiffsversenkungen und Senkfaschinenschüttungen und die in den Jahren 1900 und 1901 ausgeführten Sinkstückbauten mit einem Kostenaufwand von zusammen rund 600000 ℳ — und ein großer Teil der seitlichen Verstärkungen, die wegen der zunehmenden Erniedrigung des Strandes an den Buhnen vorgenommen werden mußten, hätten durch rechtzeitigen Schutz der Unterwasserböschung gegen den Stromangriff erspart werden können.

e) Strandbuhnen auf Spiekeroog.

Auf Spiekeroog kamen von 1873 bis 1883 zwölf Strandbuhnen zur Ausführung. In dem Lageplan Abb. 6 Bl. 6 sind die sechs ersten bis 1877 gebauten mit *A* bis *F*, die in den späteren Jahren ausgeführten mit *AA* bis *AF* bezeichnet. Ihre Querschnitte sind in den Abb. 19 u. 20 Bl. 6 dargestellt. Sie stimmen in ihrer Bauart ganz annähernd mit den auf Borkum zuerst angelegten Buhnen überein, sind nur, wie die Querschnitte ersehen lassen, etwas weniger breit und haben in dem Hauptkörper, abweichend von Borkum, eine schwache Wölbung. Die zuerst ausgeführten Werke sind im Hauptkörper 3,50 m und mit den beiden seitlichen Bermen 6 m breit, die neueren im Hauptkörper und auch im ganzen um 0,5 m schmäler. Die Baukosten haben für jede Buhne im Durchschnitt rund 30000 ℳ betragen. Aber ebenso, wie für die gleichartigen Werke auf Borkum, haben für die Sicherung und Verstärkung dieser Buhnen große Aufwendungen gemacht werden müssen, bis 1888 rund 220000 ℳ. Nach 1888 war eine starke Erhöhung des Strandes eingetreten, so daß die Buhnen bis zum Herbst 1894 ganz unter Sand lagen. Sie wurden erst nach der Sturmflut vom 22./23. Dezember 1894 wieder sichtbar, dann aber auch gleich durch die Sturmfluten der folgenden Jahre wieder ziemlich stark beschädigt, so daß ihre Ausbesserung im Jahre 1898 einen Kostenaufwand von 263000 ℳ erforderte.

f) Strandbuhnen auf Sylt.

Für Sylt wurde der Bau von Buhnen zum Schutz der Inselküste zuerst im Jahre 1869 angeregt. Bis dahin hatten die Behörden, denen die Überwachung der Inselschutzarbeiten oblag, die Ansicht vertreten, daß der ferneren Zerstörung der Küste durch eine sorgfältige Unterhaltung der Vordüne Einhalt getan werden könne. In einer Verhandlung über eine Besichtigung der Küste wurden dann aber zwei Stellen als besonders gefährlich bezeichnet: der dem stärksten Wellenangriff ausgesetzte Westerlander Strand, sowie der Strand beim östlichen Leuchtturm am Ellenbogen, und daher zum Schntz dieser beiden Strandstrecken die Erbauung von Steinbuhnen vorgeschlagen. Nach längeren Verhandlungen über die Art und Zahl der zu errichtenden Buhnen wurden in den Jahren 1872/73 bei Westerland drei Steinbnhnen und am Ellenbogen fünf Pfahlbuhnen ausgeführt. In einer Sturmflut vom 17. Dezember 1873 waren die Steinbuhnen sämtlich und von den fünf Pfahlbuhnen vier hinterspült. Die Steinbuhnen sind später rückwärts soweit verlängert worden, daß der Uferanschluß wieder hergestellt wurde, für die Verlängerung und den weiteren Ausbau der Pfahlbnhnen am Ellenbogen war ein Kostenbetrag von 27600 ℳ vorgesehen; aber die Arbeit kam nicht zur Ausführung, weil der Strand von 1874 an sowohl in der Höhe wie in der Breite derartig zunahm, daß die vorhandenen Bnhnen bald tief unter Sand begraben wurden und auch seitdem nicht wieder zum Vorschein gekommen sind. Versuchsweise wurden im Jahre 1875 auch bei Wenningstedt noch drei Pfahlbuhnen hergestellt, an denen, wie aus einem Reisebericht vom Juli 1876 hervorgeht, im ersten Jahr nach ihrer Vollendung Beschädigungen nicht vorgekommen waren. Spätere Erfahrungen haben aber doch, und zwar schon im Jahre 1878, dazu geführt, diese Pfahlbuhnen gänzlich aufzugeben; sie hatten sich angeblich nicht gut gehalten und auch nur mäßig gewirkt. Nach diesen an verschiedenen Stellen sowohl mit Steinbuhnen als auch mit Pfahlbuhnen angestellten Versuchen wurde im Jahre 1877 ein Entwurf bearbeitet, in welchem der Schutz einer 11 km

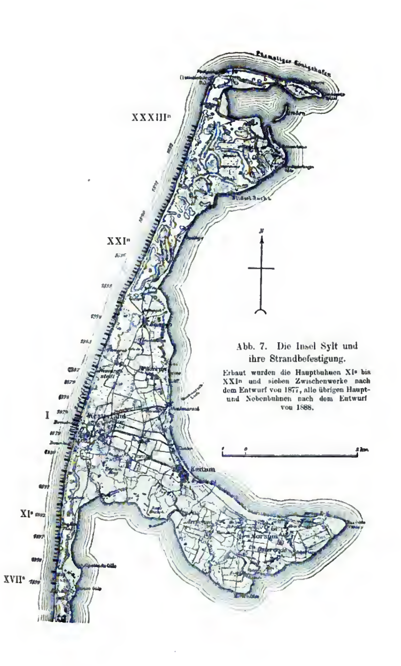


Abb. 7. Die Insel Sylt und ihre Strandbefestigung.

Erbaut wurden die Hauptbuhnen XI^a bis XXI^n und sieben Zwischenwerke nach dem Entwurf von 1877, alle übrigen Haupt- und Nebenbuhnen nach dem Entwurf von 1888.

langen Strandstrecke — 4 km südlich bis 7 km nördlich von Westerland — durch eine fortlaufende Reihe von Buhnen vorgesehen war. Dieser Entwurf wurde 1878 genehmigt und bis zum Jahre 1887 mit einem Kostenaufwand von 865000 ℳ ausgeführt. Ende 1887 waren im ganzen 30 Stein- oder sogenannte Hauptbuhnen (von XI^a bis XXI^a der Karte, Text-Abb. 7) und sieben Zwischenwerke, teils Pfahlbuhnen, teils zusammengesetzte Pfahl- und Steinbuhnen, vorhanden. Aber die bis dahin gemachten Erfahrungen hatten schon gezeigt, daß die meist in Abständen von 500 m angelegten Hauptbuhnen allein zum Schutz des Strandes nicht genügten. In den Strandflächen zwischen den Buhnen waren vielfach noch starke Ausspülungen vorgekommen, und um diese zu verhindern, waren an mehreren Stellen schon die eben erwähnten Zwischenwerke eingelegt worden. Ein den Schutz der ganzen Westküste von Sylt umfassender Plan wurde dann im Jahre 1888 aufgestellt, im folgenden Jahre genehmigt und bis zum Jahre 1898 ausgeführt. Danach sollte die Inselküste von Rantum bis zur Nordwestkante am Ellenbogen in der Weise gedeckt werden, daß ebenso wie nach dem Entwurf von 1877 und in beiderseitigem Anschluß an die bereits fertige Buhnenreihe alle 500 m eine Hauptbuhne angelegt, außerdem aber in den Abständen zwischen den Hauptbuhnen — und zwar auch zwischen den bereits fertigen Buhnen — je zwei Zwischenwerke eingeschoben werden sollten. In betreff der Westküste südlich von Rantum wurde unter Hinweis auf die seit 15 Jahren gemachten Wahrnehmungen angenommen, daß dort ein künstlicher Uferschutz nicht erforderlich sei. Die Anzahl der zu erbauenden Werke stellte sich danach auf 23 Haupt- und 84 Zwischenbuhnen. Dio Kosten waren auf 1900000 ℳ veranschlagt. Welche Strecke der Sylter Westküste gegenwärtig mit Schutzwerken ausgestattet ist, zeigt die Text-Abb. 7, worin die Haupt- und Zwischenbuhnen durch stärkere und feinere Striche bezeichnet sind.

Die Bauart der Buhnen ist in den Text-Abb. 8 bis 13 dargestellt. Die Hauptbuhnen (Text-Abb. 8 bis 10) sind ähnlich

wie die Buhnen auf Norderney in ihrer ganzen Länge als Steinbuhnen ausgeführt. Auch für die Querschnittsform wurden die Norderneyer Buhnen zum Muster genommen, nachdem die zuerst hergestellten Probebuhnen, deren Steinabdeckung nicht gewölbt sondern nach beiden Seiten im Gefälle 1 : 3 abgeböscht war, sich weder als haltbar noch als zweckmäßig erwiesen hatten. Die überstürzenden Wellen hatten tiefe Löcher in den Strand neben den Werken eingespült und diese selbst stark beschädigt. Zur Steinabdeckung der Buhnen wurden bis zum Jahre 1886 schwere Findlinge, später regelmäßig geformte Betonblöcke verwandt. Die Zwischenbuhnen (Text-Abb. 11 bis 13) haben am Kopfe auf 20 m Länge eine durch eine einfache Pfahlreihe umgrenzte und durch drei Querpfahlreihen abgeteilte Steinkiste mit einer Unterlage von Faschinen, die ebenso wie die Hauptbuhnen mit Betonblöcken abgedeckt ist, im übrigen bestehen sie aus einer dichtgerammten doppelten Pfahlwand, an der Seeseite des Steinkopfes in 4 m, an der Landseite in 33 m Länge. Sie sind demnach auf fast $^{2}/_{3}$ ihrer Gesamtlänge Pfahlbuhnen.

Im Verlauf der Bauausführung sind sowohl über die Wirkung der Buhnen, wie über ihre Haltbarkeit mancherlei Erfahrungen gemacht worden. Inwieweit die Buhnenanlage den Küstenabbruch zu verhindern oder abzuschwächen vermocht hat, ist schon bei der Untersuchung der Frage, unter welchen Umständen Schutzwerke als notwendig anzusehen sind, eingehend erörtert worden; bei den zuerst erbauten Buhnen — nach dem Entwurf von 1877 — wurde ihre mangelhafte Wirkung dem Umstande zugeschrieben, daß die Abstände zwischen den einzelnen Buhnen zu groß wären. Aber auch später, als die in dem zweiten und letzten Entwurf von 1888 überall vorgesehenen Zwischenwerke bereits eingelegt waren, hat sich ein wesentlich verstärkter Einfluß der Buhnen auf die Höhenlage und regelmäßige Ausbildung des Strandes nicht bemerkbar gemacht. Nach wie vor ist der Strand sowohl seiner Höhe als seiner Breite nach sehr wandelbar. In den letzten Jahren vor 1888 war der Ab-

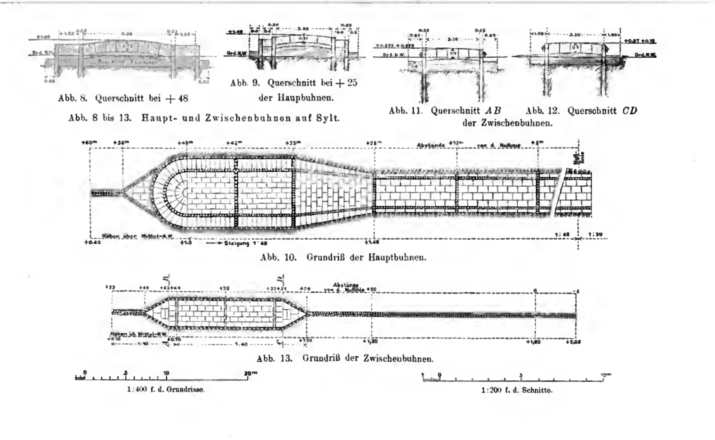


Abb. 8. Querschnitt bei + 48

Abb. 9. Querschnitt bei + 25 der Haupbuhnen.

Abb. 8 bis 13. Haupt- und Zwischenbuhnen auf Sylt.

Abb. 11. Querschnitt *AB* Abb. 12. Querschnitt *CD* der Zwischenbuhnen.

Abb. 10. Grundriß der Hauptbuhnen.

Abb. 13. Grundriß der Zwischenbuhnen.

1:400 f. d. Grundrisse.

1:200 f. d. Schnitte.



bruch am größten auf der Strecke zwischen Rantum und der damals schon fertigen Buhne XI^s; hier sollte deshalb nach dem neuen Bauplan mit dem Weiterbau der Buhnen begonnen werden. Aber im Jahre 1889 lagen die Verhältnisse schon ganz anders. Der Strand bei Rantum war inzwischen wesentlich höher nnd breiter geworden, und der Abbruch hatte sich in stärkerem Maße der nördlichen Strecke zugewandt. Aus diesem Grunde wurde dann auch diese letztere Strecke zuerst ausgebaut. Der Strand bei Rantum erhielt sich dauernd in einem so guten Zustande, daß, als in den neunziger Jahren mit dem Bau der dort geplanten Buhnen vorgegangen wurde, die ganzen Werke tief in den Sand eingegraben werden mußten. Selbst die großen Sturmfluten von 1894 und 1895 hatten diese Strandstrecke wenig angegriffen; noch in den Jahren 1897/98 war sie von solcher Beschaffenheit, daß es unbedenklich erschien, von dem Bau der beiden südlichsten Hauptwerke mit ihren vier Zwischenwerken und der vier Zwischenwerke zwischen den zuletzt erbauten drei Hanptwerken XV^s bis XVII^s Abstand zu nehmen. An dem Strande und den Buhnen nördlich von Westerland hatten dagegen die Sturmfluten beträchtliche Schäden angerichtet, besonders an den letzten Buhnen neben den Listerdünen. Die Buhnen XXVII^n bis XXXIII^n, die in den drei Jahren nach ihrer Herstellung (1891 bis 1894) ganz unter Sand lagen, waren mit ihren Zwischenbuhnen großenteils zerstört, und der Strand hatte an Höhe und Breite so bedeutend abgenommen, daß von dcr Wiederherstellung der Zwischenbuhnen der großen Kosten wegen cinstweilen abgesehen werden mußte. Auch von dem Bau der Buhnen, die für die Strandstrecke von Buhne XXXIII^n bis zum Ellenbogen noch vorgesehen waren, wurde Abstand genommen, weil ihre planmäßige Herstellung unter den veränderten Verhältnissen ganz unverhältnismäßig hohe Kosten verursacht haben würde. Viele Buhnen mußten, weil an ihren Wurzelenden der Fuß der Düne oder des Kliffs stark abgebrochen war, zur Wiederherstellung des Anschlusses nach rückwärts verlängert werden. Die Verlängerung der nördlichsten zwölf Werke erforderte im Jahre

1896 eine Ausgabe von 38000 ℳ. Zwei später notwendig gewordene Verlängerungen an den Wurzelenden wurden nach dem in Text-Abb. 14 dargestellten Querschnitt ganz aus Sandbeton hergestellt. Bis zum Jahre 1881 wurden an den Wurzelenden der Buhnen in einer gewissen Höhe und Breite Steindecken angelegt, die das Ufer gegen Abbruch und damit zugleich die Buhnen gegen Hinterspülung schützen sollten (Text-Abb. 15 u. 16). Diese Abdeckungen wurden aber sehr bald durch Sturmfluten zerstört, weshalb für die Folge sowohl von ihrer Wiederherstellung, als von dem Bau derartiger Uferdeckwerke überhaupt abgesehen wurde. Die mit Beton-

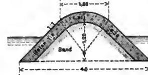


Abb. 14. Buhnenverlängerungen aus Sandbeton auf Sylt. Querschnitt. 1:100.

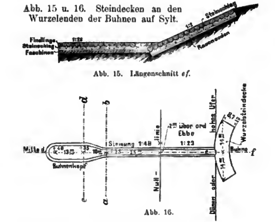


Abb. 15 u. 16. Steindecken an den Wurzelenden der Buhnen auf Sylt.

Abb. 15. Längenschnitt *ef*.

Abb. 16.

blöcken abgedeckten neueren Werke sind widerstandsfähiger und erfordern weniger Unterhaltungskosten als die älteren, die mit Findlingen abgedeckt sind. Aber die Erfahrung hat gezeigt, daß auch sie, sobald der Strand sich soweit erniedrigt hat, daß die Kronen der Werke beträchtlich darüber hervorragen, den

Angriffen des Wellenschlages und der Strömung nicht stand zu halten vermögen. Und die Erniedrigung des Strandes zu verhindern, haben sie ebensowenig vermocht, wie die älteren Buhnen.

Nach den Erläuterungen zum Entwurf von 1888 sollen die Buhnen nicht nur die Aufgabe haben, den Dünenfuß zu sichern, sondern als ihr Hauptzweck wird die Fernhaltung der größeren Tiefen vom Strande bezeichnet. Aus diesem Grunde erscheine es, wie in den Erläuterungen weiter bemerkt wird, nötig, den Verlauf der vor der Küste liegenden Sandriffe, sowie die Entfernung der größeren Tiefen vom Strande durch regelmäßige Profilaufnahmen festzustellen. Solche Aufnahmen sind leider bisher nur noch zwei gemacht worden, die erste im Jahre 1888 auf der damals schon ausgebauten Strecke von Buhne XI^{a} bis XXI^{a}, die zweite in den Jahren 1900/01 an der ganzen westlichen Inselküste. Ein Vergleich zwischen dem Zustande von 1888 und 1901 ist daher nur für die Strecke von Buhne XI^{a} bis XXI^{a} möglich, und hier haben die beiden Messungen ergeben, daß die größeren Tiefen sich nicht von dem Strande entfernt haben, sondern ihm näher gerückt sind. Nur die sehr wandelbare Linie des mittleren Niedrigwassers hat sich danach um durchschnittlich 6,90 m nach See zu verschoben; sämtliche Tiefenlinien von 1 bis 10 m unter Niedrigwasser haben sich dagegen in den 13 Jahren dem Lande genähert, die von 1 bis 5 m im Mittel um 14 m, die von 6 bis 9 m im Mittel um 83 m und die 10 m Linie sogar um 334 m. Die Annahme, daß Strandbuhnen, die nur bis an oder wenig über die Linie des mittleren Niedrigwassers hinausreichen, noch auf die weitab liegenden größeren Tiefen einwirken können, ist auch wissenschaftlich nicht zu begründen und widerspricht allen Erfahrungen. Es braucht nur auf die früher besprochenen Bauten auf Norderney und Baltrum hingewiesen zu werden, die deutlich gezeigt haben, daß eine gegen den Strand vorrückende Tiefe durch Strandbuhnen nicht nur nicht ferngehalten werden kann, sondern sogar dazu zwingt, den Bestand der Buhnen durch besondere Vorbauten zu verteidigen. Noch liegt an der Westküste von Sylt die 5 m-Tiefe meist

über 500 m und die 10 m-Tiefe mehr als 2000 m von der Niedrigwasserlinie entfernt, und es ist deshalb nach den vorerwähnten Messungsergebnissen zu hoffen, daß noch eine lange Reihe von Jahren darüber vergehen wird, bis die Tiefen sich dem Strande soweit genähert haben, daß die Buhnenköpfe gegen das weitere Vordringen geschützt werden müssen. Aber es muß darauf gerechnet werden, erstlich, daß diese Annäherung, falls die Strömungsverhältnisse an der Küste weiter darauf hinwirken, durch die Buhnenanlage weder verhindert noch auch nur verlangsamt werden kann, und ferner, daß wenn einmal die Notwendigkeit eintritt, die Buhnen gegen eine bis an ihre Köpfe vorgedrungene größere Tiefe zu schützen, dies eine ebenso schwierige, wie kostspielige Aufgabe sein wird, viel schwieriger und kostspieliger als bei Norderney und Baltrum. Sinkstückbauten, wie solche an diesen beiden Inseln zur Sicherung der Buhnenköpfe mit so gutem Erfolge ausgeführt worden sind, würden an der langgestreckten und meist einer starken Brandung ausgesetzten Westküste von Sylt einen ganz unberechenbaren Zeit- und Kostenaufwand erfordern und daher hier nicht zur Anwendung kommen können.

g) Strandbuhnen auf Föhr und Amrum.

An den Inseln Amrum und Föhr hatten die Sturmfluten von 1894 und 1895 einige recht starke Uferabbrüche herbeigeführt. Auf Amrum an der Nordwestküste bei Norddorf, wo die Dünenkette auf ungefähr 600 m Länge unterbrochen ist, auf Föhr an der Südwestküste bei Utersum und an der Südostküste bei Oldenhörn. Um diese Küstenstrecken gegen fernere Abbrüche zu schützen, wurden in den Jahren 1895 bis 1897 auf Amrum zehn Strandbuhnen von derselben Bauart, wie die Zwischenbuhnen auf Sylt, und sieben Pfahlbuhnen, auf Föhr bei Utersum 18 und bei Oldenhörn 14 Pfahlbuhnen angelegt. Die Kosten stellten sich für die nach Art der Sylter Zwischenbuhnen erbauten Werke auf je rund 9600 ℳ, für die Pfahlbuhnen auf je 4000 ℳ; insgesamt für die Amrumer Werke auf 124 000 ℳ, für die Föhrer auf 131 000 ℳ. Alle

diese Werke haben sich bisher gut gehalten. Auf Amrum werden für ihre Unterhaltung jährlich ungefähr 1250 ℳ verausgabt; die Arbeiten bestehen der Hauptsache nach darin, daß in den nach Art der Sylter Zwischenbuhnen erbauten Werken alljährlich eine Anzahl der Betonsteine, womit die Köpfe abgedeckt sind, angehoben werden müssen, weil sie auf der Faschinen-Unterbettung allmählich versacken. Im letzten Winter sind in einem der Werke auch Pfähle ausgetrieben. An den 32 Pfahlbuhnen auf Föhr sind bisher noch keine Ausbesserungsarbeiten nötig gewesen.

b) Buhnen zum Schutz der Helgoländer Düne.

Auf der zu Helgoland gehörigen Düneninsel sind in den Jahren 1897 bis 1900 nach dem Vorschlage des Oberbaudirektors Franzius (†) in Bremen Schutzwerke angelegt worden. Veranlaßt wurden diese Bauten durch die großen Zerstörungen, die die Sturmfluten von 1894/95 an der Düne angerichtet hatten. Als ihr Zweck wurde die dauernde Erhaltung und Vergrößerung der Düneninsel bezeichnet. Acht Hauptbuhnen I bis VIII, die, wie die Karte Abb. 8 Bl. 5 zeigt, von dem Fuß der Düne ausgehend strahlenförmig verlaufen, sollen möglichst viel gröberes Geschiebe und Sand, die sich in großen Massen um die Insel bewegen, aufnehmen, dadurch zunächst den Strand verbreitern, und von dem verbreiterten Strande sollen dann den alten Dünen durch die Wirkung des Windes größere Sandmassen zugeführt werden, so daß neue Dünen geschaffen werden können.[33]) Sie sind 400 bis über 900 m lang und reichen — mit Ausnahme der Buhne IV, die in ihrer ganzen Länge auf dem an die Düne sich anschließenden hohen Felsenriff liegt — weit über die Linie des mittleren Niedrigwassers hinaus, zum Teil bis auf eine Tiefe von 5 m. Diese Abweichung von den an anderen Nordseeinseln ausgeführten vorspringenden Schutzwerken wird damit begründet, daß die Buhnen hier weniger zum unmittelbaren Schutz des oberen Strandes, als vielmehr zur Ver-

33) S. Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften von Franzius und Sonne, 3. Abt. des 3. Bandes, S. 184, 3. Aufl. 1901.

größerung der Inseldünen und sozusagen angriffsweise vorgehen sollen. Die über Niedrigwasser liegenden Teile sind als Faschiuenpackwerke ohne Steinbelastung, die unter Niedrigwasser liegenden Teile aus Sinkstücken hergestellt. Der Packwerkkörper ist 10 bis 12 m breit und besteht meist aus zwei oder drei Lagen (s. Text-Abb. 17), die durch übergespannte Eisendrähte und eingerammte kurze Pfähle in üblicher Weise befestigt wurden. Die einzelnen Lagen sind an den Seiten 10, in der Mitte 30 bis 50 cm stark. Die unterste Lage wurde in einem auf dem Strande ausgehobenen

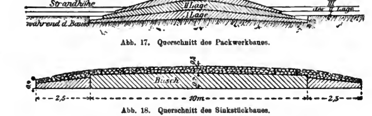


Abb. 17. Querschnitt des Packwerkbaues.

Abb. 18. Querschnitt des Sinkstückbaues.

Abb. 17 u. 18. Buhnen auf der Helgoländer Düneninsel.

Sandkoffer so tief eingebettet, daß sie an den beiden Seiten 15 bis 20 cm nnter und im Scheitel nur ungefähr 30 cm über der Strandfläche lag. Einzelne Teile der über Niedrigwasser liegenden Baustrecken wurden, wenn der Strand so tief lag, daß ein Sandkoffer nicht ausgehoben werden konnte, oder eine nur sehr dünne Sandschicht auf klippigem Untergrunde lag, als sogenannter Senklagenbau ausgeführt, d. h. der Faschinenkörper wurde nach Art der Sinkstücke zusammengefügt und mit Steinen belastet, aber in der Breite und Höhe ebenso wie eine Packwerklage und auch wie diese an Ort und Stelle hergestellt. Die zur Herstellung der unter Niedrigwasser liegenden Buhnenteile verwendeten Sinkstücke waren 20 bis 60 m lang, 10 m breit und mit Einschluß der Belastungssteine ungefähr 1 m dick. Soweit die Sinkstücke in so geringer Wassertiefe liegen, daß ihre Oberflächen bei Niedrigwasser trocken laufen, wurden nachträglich noch an

beiden Langseiten schmale trapezförmige Buschkörper eingebaut und böschungsartig mit Steinen bepackt (Text-Abb. 18), weil die Erfahrung gezeigt hatte, daß die 1 m hohen Ränder bei starkem Seegang den Wellenangriff nicht aushalten konnten. Wo eine Aufhöhung für zweckmäßig gehalten wurde, erfolgte diese entweder durch eine zweite Sinkstücklage von 7 m Breite und 0,70 bis 0,80 m Dicke oder, wenn und soweit die Oberfläche der ersten Lage bei Niedrigwasser trocken lief, durch Packwerk, das aber dann ebenso wie die Sinkstücke mit Steinen abgedeckt wurde.

Um die Wirkung der Hauptbuhnen zu unterstützen, ist, wie die Karte Abb. 8 Bl. 5 ersehen läßt, eine große Zahl von Neben- und Zwischenwerken angelegt worden, teils als Verbindungsdämme zwischen den Hauptbuhnen, teils als kürzere Zwischenbuhnen und als spornartige Ansätze, die in den verschiedensten Richtungen und Längen von den Haupt- und Zwischenwerken abzweigen. Diese Neben- und Zwischenwerke haben im allgemeinen geringere Abmessungen als die Hauptbuhnen, stimmen aber in ihrer Bauart mit diesen überein. Um den Flugsand festzuhalten und die Bildung von Vordünen zu befördern, wurden die Böschungen und der Fuß der hohen Düne mit Dünenhalm und Rohrbüscheln bepflanzt und rings um den Dünenfuß Zäune angelegt.

Die Gesamtbaukosten dieser Anlagen betragen rund 1500000 ℳ, wovon auf die über Niedrigwasser liegenden Teile der Werke etwa 200000 ℳ entfallen. Für 1 m Länge der Hauptbuhnen wurde bezahlt: über Niedrigwasser als Packwerkbau im Mittel 72 ℳ, mit einmaliger Aufhöhung 92 ℳ und als sogenannter Senklagenbau 90 ℳ, unter Niedrigwasser als Sinkstückbau mit seitlichen Böschungen 256 ℳ, ohne Böschungen 190 ℳ. Die Neben- und Zwischenwerke kosteten im Mittel für 1 m Länge in den Packwerkstrecken 17,50 ℳ, in den Senkstückstrecken mit Böschungen 154 ℳ, ohne Böschungen 116 ℳ.

Im Jahre 1900 wurden die Schutzbauten vollendet. Seitdem wurden für ihre Unterhaltung verausgabt:

im Jahre 1901 rund . . . . . 28400 ℳ,
" " 1902 " . . . . . . 60200 "
" " 1903 " . . . . . . 29900 "

Diese Kosten sind sämtlich für die Unterhaltung der über Niedrigwasser liegenden Anlagen erwachsen, deren Neubaukosten rund 200000 ℳ betrugen. Daß sie im ersten Jahre nach Vollendung der Werke geringer waren, als in den folgenden Jahren, ist größtenteils dem Umstande zuzuschreiben, daß die oberste Packwerklage meist erst im letzten oder vorletzten Baujahre aufgebracht worden war und der Busch noch nicht allzuviel von seiner Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit eingebüßt hatte. Aber in dem darauffolgenden Jahre mußte schon eine so weitgehende Erneuerung der obersten Lage stattfinden, daß die Kosten auf mehr als den doppelten Betrag des ersten Jahres anwuchsen. Nach den bisher gemachten Erfahrungen ist darauf zu rechnen, daß die über Niedrigwasser liegenden Teile der Hauptbuhnen alle drei Jahre und die einer Zerstörung durch die überstürzenden Wellen mehr ausgesetzten Zwischenwerke wenigstens alle zwei Jahre in ihren Decklagen vollständig erneuert werden müssen.

Die Unterhaltungskosten werden daher immer sehr beträchtlich sein; es ist sicher nicht zu hoch gerechnet, wenn sie nach dem Mittel der beiden letzten Jahre auf jährlich rund 45000 ℳ, das ist ungefähr 22½ vH. der Neubaukosten veranschlagt werden. Unter Mitberücksichtigung dieser hohen Unterhaltungskosten werden aber die Werke, deren Bauweise — Buschpackwerk ohne Steinbelastung — als die billigste angesehen wurde, auf die Dauer teurer, als die mit schweren Hausteinen abgedeckten Strandbuhnen auf Norderney. Für 1 m Buhnenlänge auf der Helgoländer Düneninsel betragen die Neubaukosten 72 ℳ, die jährlichen Unterhaltungskosten ungefähr 22,5 vH. der Neubaukosten = 16,20 ℳ, auf Norderney die Neubaukosten 250 ℳ, die jährlichen Unterhaltungskosten höchstens 3 ℳ. Bei Anrechnung von 4 vH. Zinsen von den Baukosten stellen sich also die Jahresausgaben für 1 m der Helgoländer Strand-

buhnen auf 2,88 + 16,20 = 19,08 ℳ, der Norderneyer auf 10 + 3 = 13 ℳ.

Diese Feststellungen lassen zur Genüge erkennen, daß Faschinendämme ohne Steinbelastung sich als Strandschutzbauten bei Helgoland ebensowenig bewährt haben, wie früher bei Wangeroog und Norderney. Wenn im Widerspruch hiermit in dem mehrerwähnten Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften auf Seite 185 gesagt wird: die in den Jahren 1896 und 1897 ausgeführten Probebuhnen hätten schon zu Anfang 1898, bevor mit dem Bau weiterer Werke vorgegangen wurde, gezeigt, daß die Wahl der Bauweise in jeder Beziehung eine richtige gewesen sei, so ist dieser Behauptung schon aus dem Grunde kein großes Gewicht beizulegen, weil die nach Vollendung der Probebuhnen verflossene Zeit zur Bildung eines abschließenden Urteils über ihre Haltbarkeit und Wirksamkeit viel zu kurz war.[34]) Von den drei Probebuhnen waren zwei erst vor ungefähr einem halben Jahre, eine vor anderthalb Jahren fertig geworden. Außerdem waren im Februar 1898, als die Versuchsbuhnen zum erstenmal seit ihrem Bestehen den Wellenangriff einiger höherer Sturmfluten auszuhalten hatten, an den über Niedrigwasser liegenden Teilen Beschädigungen eingetreten, die ihre Haltbarkeit für die Zukunft recht zweifelhaft erscheinen ließen. Und wie die späteren Erfahrungen gezeigt haben, daß diese Zweifel sehr begründet waren, so haben sie zugleich den Nachweis erbracht, daß die Schutzwerke auch hinsichtlich ihrer Wir-

---

34) Nach dem im Jahrgang 1904 der Zeitschrift für Bauwesen abgedruckten Bericht des Wasserbauinspektors Geiße über die Schutzbauten an der Helgoländer Düne sollen sich vor dem Beginn dieser Bauten „gewichtige Stimmen“ nicht nur gegen die Haltbarkeit und Zweckmäßigkeit, sondern auch gegen die Ausführbarkeit der fraglichen Bauten ausgesprochen haben. Dies muß deshalb einigermaßen auffallen, weil weder die Herstellung von Faschinendämmen auf trockenem Strande, noch die Verlegung von Senkstücken bei so geringen Wassertiefen, wie an der Helgoländer Baustelle als besonders schwierige technische Leistungen angesehen werden können. Von den Wasserbautechnikern, die nach ihrer amtlichen Stellung in der Sache mitzureden berufen waren, ist die Ausführbarkeit der Bauten m. W. niemals bezweifelt worden.

kungen sehr wenig dem entsprochen haben, was bei der Einreichung des Entwurfs verheißen worden ist.

Der ausgesprochene Zweck der Schutzwerke ist die Vergrößerung der Düneninsel. Durch die von den Buhnen aufzufangenden Geschiebe und Sandmassen sollten nicht nur die alten Dünen erhalten, sondern neue Dünen geschaffen werden. Um die tatsächlich erzielten Wirkungen der Werke festzustellen, haben seit 1897 jährlich im Frühjahr sorgfältige Messungen und Peilungen stattgefunden. Durch Profilmessungen wurde die Zu- und Abnahme der Sandmassen, durch Einmessung der Hoch- und Niedrigwasserlinien die Zu- und Abnahme der innerhalb dieser Linien liegenden Inselflächen festgestellt. Die Profilmessungen beschränkten sich in den Jahren 1897 und 1898 auf die in dem Lageplan Abb. 7 Bl. 5 durch gestrichelte Linien angedeuteten Profile III[a] bis V[a]. Von 1899 ab wurden diese Profile nach beiden Seiten der Düne bis über die Köpfe der nach den Vorschlägen von Franzius bereits angelegten oder noch anzulegenden Buhnen verlängert; außerdem wurde im Nordwesten ein Profil IV[a] neu hinzugefügt. Die Verlängerungen und das neue Profil sind in Abb. 7 Bl. 5 durch punktierte Linien bezeichnet.

Die Ergebnisse der Messungen sind in den beiden Tabellen A und B übersichtlich zusammengestellt.

A. Zu- und Abnahme der Sandmassen

innerhalb der kürzeren Profile III[a] bis V[a]			innerhalb der längeren Profile III[a] bis V[a]		
in den Jahren	Zunahme cbm	Abnahme cbm	in den Jahren	Zunahme cbm	Abnahme cbm
1897—1898	20372	—	1899—1900	93594	—
1897—1899	—	4612	1899—1901	10321	—
1897—1900	25323	—	1899—1902	—	8553
1897—1901	20075	—	1899—1903	32054	—
1897—1902	5160	—	1899—1904	71604	—
1897—1903	9326	—			
1897—1904	27703	—			

B. Zu- und Abnahme der innerhalb der Hoch- und Niedrigwasserlinie liegenden Fläche der Düneninsel

innerhalb der Hochwasserlinie			innerhalb der Niedrigwasserlinie		
in den Jahren	Zu-nahme qm	Abnahme qm	in den Jahren	Zu-nahme qm	Abnahme qm
1897 — 1898	—	14500	1897 — 1898	—	9750
1897 — 1899	—	24000	1897 — 1899	—	13250
1897 — 1900	—	5429	1897 — 1900	—	15404
1897 — 1901	—	14925	1897 — 1901	—	44985
1897 — 1902	—	11100	1897 — 1902	—	66114
1897 — 1903	—	9550	1897 — 1903	—	74230
1897 — 1904	—	5750	1897 — 1904	—	51470

Die Tabelle A läßt ersehen, daß innerhalb der gemessenen Profile ein regelmäßiges Auffangen von Sand nicht stattgefunden, daß vielmehr die der Berechnung der Sandmassen zugrunde liegende Bodenhöhe zwischen den Buhnen bald zu- bald abgenommen hat. In den ersten drei Jahren nach Vollendung sämtlicher Schutzwerke — von 1900 bis 1903 — hat die Berechnung überall eine Abnahme ergeben, innerhalb der kürzeren Profile von 25323 — 9326 = rd. 16000 cbm und innerhalb der längeren Profile von 93594 — 32054 = rd. 61500 cbm. Die mittlere Höhenlage des Strandes und der unter Niedrigwasser liegenden Flächen hat also zwischen den Buhnen in den ersten drei Jahren nach ihrer Vollendung nicht zu- sondern abgenommen. Erst im vierten Jahre haben sich die Verhältnisse etwas gebessert. Die letzte Messung von 1904 zeigt im Vergleich mit 1900 zwischen den kurzen Profilen schon eine kleine Zunahme von rund 2400 cbm und zwischen den längeren Profilen nur noch eine Abnahme von 22000 cbm. Den Erwartungen noch weniger entsprechend sind die in Tabelle B zusammengestellten Messungsergebnisse. Danach ist die Inselfläche sowohl während als nach der Bauausführung nicht größer, sondern kleiner geworden. Sie hat während der Bauzeit von 1897 bis 1900 innerhalb der Hochwasserlinie um 5429 qm und innerhalb dor Niedrigwasserlinie um 15404 qm, nach

Beendigung des Baues von 1900 bis 1904 innerhalb der Hochwasserlinie um 5750 — 5429 = 321 qm und innerhalb der Niedrigwasserlinie um 51470 — 15404 = 36066 qm an Größe abgenommen. Innerhalb der Hochwasserlinie ist, wie die Tabelle ersehen läßt, die Abnahme im Vergleich mit dem Zustande von 1897 in einzelnen Jahren größer, in anderen kleiner geworden, innerhalb der Niedrigwasserlinie dagegen hat sich die Abnahme bis 1903 von Jahr zu Jahr vergrößert, am meisten nach 1900, dem Jahr der Vollendung der Schutzwerke. Eine Zunahme zeigt nur die letzte Messung von 1904, aber auch nach dieser bleibt die Inselgröße gegen den Bestand von 1897 noch immer recht weit zurück.

Hat hiernach die in Aussicht gestellte Vergrößerung der Düne, sowie der Düneninsel nicht stattgefunden und ist insbesondere die Strandfläche, die den zur Bildung neuer Dünen erforderlichen Sand abgeben soll, nicht nur nicht größer, sondern recht beträchtlich kleiner geworden, so drängt sich die Frage auf, ob von den ausgeführten Schutzwerken nicht doch die Erhaltung der Düne in ihrem gegenwärtigen Bestande zu erwarten ist. Wenn diese Frage bejaht werden könnte, so würde damit der Hauptzweck der Schutzanlagen als erreicht anzusehen sein. Denn eine Vergrößerung der Düne und der Düneninsel ist weder für ihre Benutzung als Seebad, noch zum Schutz des Helgoländer Hafens notwendig; für beide Zwecke ist die Insel in ihrem gegenwärtigen Bestande erfahrungsmäßig ausreichend.

Aber die Frage muß leider verneint werden. Nachdem die mehrjährigen Erfahrungen gezeigt haben, daß die Schutzwerke weder den Strand zu erhöhen und zu verbreitern, noch auch nur in seiner Ausdehnung zu erhalten vermocht haben, daß deshalb auch die erwarteten neuen Dünen nicht entstanden sind, die in Verbindung mit dem höheren und breiteren Strande einen sehr wirksamen Schutz für die vorhandenen Dünen abgegeben haben würden, sind diese dem Angriff der Meereswellen bei hohen Sturmfluten heute nicht weniger ausgesetzt, als sie es vor dem Beginn des Buhnen-

baues waren. Die über die Strandfläche nur sehr wenig sich erhebenden Buhnen selbst können, ganz abgesehen von ihrer geringen Haltbarkeit, eine Abschwächung der bei hohen Sturmfluten über sie hinwegrollenden Wellen nicht bewirken und sind daher als Dünenschutzwerke ganz ohne Bedeutung. Sturmfluten von gleicher Höhe wie die von 1894 und 1895 werden demnach künftig nicht weniger zerstörend für die Düne soin, wie sio es damals gewesen sind. Vor jenen Fluten betrug die Länge und größte Breite der Düne nach der Aufnahme von Römer 585 m und 125 m. Diese Maße waren nach den Hochfluten im Dezember 1895 zurückgegangen auf 390 und 64,50 m und betrugen im Jahre 1897, nachdem die Helgoländcr einen Teil des Verlustes durch Ankarren von Sand wieder ersetzt hatton, 450 und 106 m. Ungefähr die gleichen Maße hat die Düne auch heute noch, aber ihre Erhaltung ist nicht etwa den inzwischen ausgeführten Schutzwerken, sondern dem Umstande zu verdanken, daß Fluten von gleicher Höhe wie die von 1894/95 seitdem noch nicht wieder eingetreten sind. Nach den Aufzeichnungen des selbstzeichnenden Pegels auf Helgoland war der höchste Wasserstand in der Sturmflut

vom 23. Dez. 1894 = 2,15 m über Mittelhochwasser
„ 6. „ 1895 = 1,88 „ „ „
„ 7. „ 1895 = 1,91 „ „ „

Von den später — während des Baues und nach Vollendung der Schutzwerke — eingetretenen Sturmfluten sind leider nur noch wenige an Ort und Stelle beobachtet worden, weil der Helgoländer Pegel seit dem Herbst 1898 infolge eines Rohrbruches außer Tätigkeit ist. Nach den Aufzeichnungen dieses Pegels war die höchste Fluthöho

im Jahre 1896 am 24. Sept. 1,37 m über Mittelhochwasser
„ „ 1897 „ 9. Dez. 0,90 „ „ „
„ Winter 1898 „ 3. Febr. 1,40 „ „ „

Die späteren Sturmfluthöhen lassen sich, wenn auch nicht genau, so doch annähernd nach den Aufzeichnungen des der Insel Helgoland am nächsten liegenden Pegels in Cuxhaven bestimmen, indem man davon ausgeht, daß, weil die höchsten

Fluten immer durch Stürme aus ungefähr gleicher Windrichtung erzeugt werden, zwischen den Höhen dieser Fluten bei Helgoland und Cuxhaven ein gewisses, nahezu festes Verhältnis besteht, und dieses Verhältnis nach den an beiden Stellen beobachteten Hochfluten ermittelt. In den hohen Sturmfluten vom 12. Februar und 23. Dezember 1894 und vom 6. und 7. Dezember 1895, die an beiden Pegeln beobachtet worden sind, war der höchste Wasserstand in Cuxhaven im Mittel 2,65 m, bei Helgoland im Mittel 1,83 m über Mittelhochwasser. Im Vergleich zu dem örtlichen mittleren Hochwasser war also die mittlere Sturmfluthöhe in Cuxhaven um 0,82 m höher als bei Helgoland. Die vom Herbst 1898 an in Cuxhaven beobachteten höchsten Fluthöhen waren folgende:

im Herbst	1898	am	3. Dez.	2,56	m über	Mittelhochwasser
„ Jahre	1899	„	17. Jan.	2,155	„ „	„
„ „	1900	„	22. Dez.	1,44	„ „	„
„ „	1901	„	28. Jan.	2,42	„ „	„
„ „	1902	„	26. „	2,385	„ „	„
„ „	1903	„	22. Nov.	2,05	„ „	„

Unter Berücksichtigung des auf 0,82 festgestellten mittleren Höhenunterschiedes zwischen Cuxhaven und Helgoland stellen sich also die höchsten Fluthöhen bei Helgoland für die Jahre 1898 bis 1903 auf 1,74, 1,335, 0,62, 1,60, 1,565 und 1,23 m über Mittelhochwasser. Keine von diesen hat demnach die Höhe der Hochfluten von 1894 und 1895 auch nur annähernd erreicht, und die Düne ist in all diesen Jahren einem Wellenangriff von ähnlicher Stärke und Dauer wie bei jenen Fluten niemals ausgesetzt gewesen. Die Fluten von 1894/95 haben die derzeitige Flächengröße der Düne auf ungefähr ein Dritteil vermindert, und da, wie wir gesehen haben, Fluten von gleicher Höhe auch künftig noch die Düne mit ungeschwächter Kraft angreifen werden, so ist die Befürchtung nicht abzuweisen, daß eine einzige Hochflut die vollständige Zerstörung des jetzt noch vorhandenen Restes der Düne zuwege bringen kann.

Allgemeine Schlußfolgerungen in betreff des Baues von Strandbuhnen.

Von den an den deutschen Nordseeküsten bisher erbauten Strandbuhnen haben, wie die vorstehenden Darstellungen ergeben, die schweren Steinbuhnen auf Norderney und die in ähnlicher Weise ausgeführten Buhnen auf Borkum, Baltrum, Spiekeroog und Sylt sich überall gut gehalten, wenn und solange sie nur wenig über die Strandfläche vortreten. Aber sie können niemals die Wirkungen einer gegen das Ufer gerichteten oder das Ufer angreifenden Strömung in der Weise abschwächen, daß dadurch das weitere Vordringen der tiefen Stromrinne gegen das Ufer verhindert wird, und sie können unter ungünstigen Verhältnissen auch eine Erniedrigung des Strandes nicht verhindern. Solche ungünstigen Verhältnisse treten allemal dann ein, wenn eine Stromrinne sich dem Ufer derartig nähert, daß die Buhnenköpfe und die zwischen ihnen liegenden Strandflächen von der Strömung angegriffen werden. Wo ein Stromangriff auf einen Strand, der durch Buhnen geschützt werden muß, zu erwarten ist, müssen rechtzeitig Maßnahmen getroffen werden, die geeignet sind, die Entstehung größerer Tiefen vor den Buhnenköpfen zu verhindern. Wird die Ausführung der nötigen Verteidigungswerke so lange verschoben, bis sich vor den Buhnenköpfen tiefe Kolke ausgebildet haben, so macht sich das sehr bald in einer Abnahme des Strandes sowohl in der Höhe wie auch in der Breite bemerkbar, und die unausbleibliche Folge davon ist erstlich, daß die Buhnen durch Anlage neuer Bankette erbreitert werden müssen, und ferner, daß ihre Unterhaltung dauernd sehr erschwert und verteuert wird. Ganz besonders ins Gewicht fallend aber sind, wie bei den Strandwerken auf Baltrum rechnungsmäßig nachgewiesen worden ist, die Mehrkosten, die daraus entstehen, daß die zur Sicherung der Buhnenköpfe anzulegenden Werke anstatt über flach abfallende Böschungen durch die tiefen Kolke geführt werden müssen.

Der Zeitpunkt, wann mit dem Ausbau der zum Schutz gegen den Stromangriff notwendigen Werke vorzugehen ist,

muß in jedem Einzelfalle nach den örtlichen Verhältnissen und von dem Gesichtspunkte aus bestimmt werden, daß die Summe der Anlage- und Unterhaltungskosten möglichst gering wird. Es kann unter Umständen vorteilhaft sein, die Strandbuhnen gleich als Stromschutzwerke auszubauen, indem sie schon bei ihrer ersten Anlage bis in größere Tiefen herabgeführt werden. So geschah es bei dem Bau der Schutzwerke an der Helgoländer Düne, und wie bei der Beschreibung der Strandbuhnen an der Westküste von Norderney und Baltrum gezeigt worden ist, hätte es, wenn bei der Feststellung der Entwürfe alle für die dauernde Erhaltung der Werke in Betracht kommenden Verhältnisse richtig erkannt und beachtet worden wären, auch dort so geschehen müssen. An der Westküste von Sylt ist, soweit die letzten Peilungen ersehen lassen, eine für den Strand und die Buhnenköpfe gefährliche Tiefenzunahme in naheliegender Zeit nicht zu befürchten. Aber hier wie überall, wo Strandbuhnen angelegt sind oder künftig angelegt werden, ist sorgfältig darauf zu achten, daß der richtige Zeitpunkt für den etwa notwendig werdenden Bau von Stromschutzwerken nicht verpaßt wird. Zu dem Zweck müssen die Strömungs- und Tiefenverhältnisse vor den Buhnenköpfen immer sorgfältig beobachtet und gegebenenfalls von Zeit zu Zeit durch Peilungen festgestellt werden.

Steinbuhnen von leichterer Bauart, wie solche auf Borkum zuerst als Hauptbuhnen, später als sogenannte Hilfsbuhnen, und auf Spiekeroog ausgeführt worden sind, haben sich überall als wenig haltbar erwiesen. Sie mußten fast alle entweder umgebaut oder durch Anlage neuer Seitenbermen erbreitert und verstärkt werden. Dadurch wurden die Ersparungen, die im Vergleich zu den schweren Norderneyer Buhnen bei ihrer ersten Anlage gemacht worden waren, meist sehr bald ausgeglichen, aber die verstärkten Buhnen waren jenen andern hinsichtlich ihrer Haltbarkeit in der Regel nicht völlig gleichwertig geworden. Solche leichtere Steinbuhnen sind deshalb, außer etwa in ganz geschützten Lagen, wie an dem Südstrande von Borkum, wo zwei in

den Jahren 1893/94 ausgeführte derartige Buhnen sich bisher gehalten haben, zur Nachahmung nicht zu empfehlen.

Bei den Werken auf Sylt und Amrum, die auf 20 m ihrer Länge aus einer Steinkiste mit Faschinenbettung und im übrigen aus einer dichtgerammten doppelten Pfahlreihe bestehen (siehe Text-Abb. 11 bis 13), ist es schwer, für diese Zusammensetzung nach zwei so grundverschiedenen Bauarten eine genügende Erklärung zu finden. Die Steinkiste liegt auf der Strecke von 4 bis 24 m vom Kopfende der Buhne. Wozu, muß man fragen, ist auf dieser 20 m langen Strecke die Steinkiste nötig? Wenn auf 4 m vor und auf mehr als 30 m Länge hinter der Steinkiste, also sowohl an der See- wie an der Landseite der Kiste die doppelte Pfahlreihe als Strandschutzwerk genügt, warum nicht auch für die 20 m, die dazwischen liegen? Eine Erörterung dieser Frage, die bei einer Besichtigung der in solcher Bauweise ausgeführten Buhnen auf Amrum im Jahre 1897 stattfand, führte zu dem Ergebnis, daß die zum Schutz des Strandes ferner noch erforderlichen Buhnen in ihrer ganzen Länge als Pfahlbuhnen hergestellt wurden. Dadurch ermäßigten sich die Baukosten für die einzelne Buhne von rund 9200 ℳ auf rund 4000 ℳ. Und auch die Unterhaltungskosten sind bisher bei den Pfahlbuhnen geringer gewesen, als bei den Buhnen mit eingebauter Steinkiste, weil bei diesen alljährlich einige Kosten daraus erwachsen, daß die Steine auf der Faschinenbettung versacken und nach und nach angehoben werden müssen. Die Pfahlbuhnen haben sich hier ebenso, wie an der Küste von Föhr, wo in den 7 bis 8 Jahren nach ihrer Erbauung noch keinerlei Beschädigungen vorgekommen sind, als haltbar und zweckentsprechend erwiesen.

Bei künftiger Aufstellung von Entwürfen über den Bau von Strandschutzwerken verdient daher die Frage, ob nach den örtlichen Verhältnissen Pfahlbuhnen verwendbar sind, jedesmal sehr eingehend geprüft zu werden. Außer auf Föhr und Amrum sind auch an der Westküste von Sylt schon einige Erfahrungen über die Haltbarkeit und Wirksamkeit von Pfahlbuhnen gemacht worden. Über drei Pfahl-

buhnen, die im Jahre 1875 auf dem Strande bei Wenningstedt versuchsweise ausgeführt wurden, wird berichtet, im ersten Jahre nach ihrer Vollendung, daß Beschädigungen an ihnen nicht vorgekommen seien, zwei Jahre später, daß sie sich nicht gut gehalten und auch nur mäßig gewirkt hätten. Trotzdem sind an der Sylter Westküste in den folgenden Jahren einige Pfahlbuhnen und eine große Anzahl der eben erwähnten Pfahlbuhnen mit eingebauter Steinkiste hergestellt worden; ein Beweis dafür, daß über ihre Haltbarkeit und Wirksamkeit in späteren Jahren wieder günstigere Erfahrungen gemacht worden sind. An den ostfriesischen Inseln sind Pfahlbuhnen bisher nicht gebaut worden. Ein von dem vormaligen Oberlandesbaudirektor Hagen im Jahre 1873 gemachter Vorschlag, auf Borkum einige Pfahlbuhnen versuchsweise auszuführen, scheiterte an den von der Landdrostei in Aurich und dem zuständigen Wasserbauinspektor dagegen erhobenen Bedenken. Der Vorschlag wurde von Hagen selbst mit dem Bemerken zurückgezogen, daß, wenn mit solchen vorgefaßten Meinungen an den Versuch herangetreten werde, ein günstiges Ergebnis nicht erwartet werden könne. Bei der großen geldlichen Tragweite der Frage, inwieweit Pfahlbuhnen an Stelle der teueren Steinbuhnen zur Verwendung kommen können, würde aber die Ausführung des Hagenschen Vorschlages sehr wertvoll gewesen sein und im Hinblick auf spätere Bauten auch heute noch sein.[35]) Die Versuchsbuhnen könnten auf Borkum oder auf einer der anderen ostfriesischen Inseln gebaut werden. Bei den Pfahlbuhnen auf Sylt ist die Erfahrung gemacht worden, daß bei Sturmfluten mit starkem Wellenschlag viele Pfähle auftreiben, offenbar weil die Adhäsion in dem dort lagernden reinen groben Sande zu gering ist.

---

35) Franzius spricht sich in seinem Handbuch des Wasserbaues 3. Auflage S. 182 über Strandbuhnen dahin aus, daß sie an der Nordsee als Zwischenbuhnen gewiß gute Dienste tun würden, aber wohl mit Rücksicht auf den Bohrwurm bis jetzt nicht zur Anwendung gekommen sind. Die Zerstörungen durch den Bohrwurm dürften aber nach den Erfahrungen, die an den vielen zu den Steinbuhnen verwendeten Pfählen gemacht worden sind, nicht von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Wo, wie auf Föhr und Amrum, die Pfähle großenteils in Kleiboden stehen, kommt ein Auftreiben nicht vor, und Beschädigungen an den Pfählen treten meist erst dann ein, wenn die Köpfe anfangen zu verfaulen. Bei den anzustellenden Versuchen würde deshalb die Hauptaufgabe darin bestehen, ein Mittel ausfindig zu machen, wodurch die Pfähle in Boden von geringer Adhäsion am zweckmäßigsten gegen den Auftrieb zu sichern sind.

Beachtung verdienen außer den Pfahlbuhnen noch die bei der Beschreibung der Strandschutzwerke auf Sylt erwähnten Buhnen aus Sandbeton (Text-Abb. 14), wovon bisher nur zwei kurze Strecken an den Wurzelenden zweier Steinbuhnen hergestellt worden sind. Werke von dieser Bauart sind, weil der zu dem Beton erforderliche Sand aus dem Strande überall kostenlos entnommen werden kann, billig und erfordern, wenn und solange keine Unterspülungen eintreten, für absehbare Zeit keinerlei Unterhaltungskosten. Sie sind deshalb besonders für den über Mittelwasser liegenden Teil des Strandes, wo Pfähle und Faschinen bald verfaulen, den Werken, die ganz oder zum Teil aus diesen Baustoffen hergestellt werden, ersichtlich vorzuziehen. Für den Fall, daß nach der Erbauung der Buhnen noch eine beträchtliche Erniedrigung des Strandes eintritt, muß allerdings Vorsorge getroffen werden, eine Unterspülung der Werke zu verhindern, aber dasselbe muß auch bei den auf einer Faschinenbettung und zwischen Pfahlwänden hergestellten Steinbuhnen geschehen. Die Bedingungen, unter denen Betonbuhnen vorteilhaft verwendbar sind, ihre zweckmäßigste Bauart wie die Tiefe unter Mittelhochwasser, bis zu der sie ohne große Schwierigkeiten und Kosten ausführbar sind, würden am besten durch Versuche festzustellen sein. Wenn diese gleichzeitig mit den Versuchen über die Haltbarkeit und Wirksamkeit von Pfahlbuhnen angestellt würden und zwar außer auf einer der ostfriesischen Inseln etwa noch auf Sylt und auf der Helgoländer Düneninsel, so würde das für alle künftigen Entwürfe über Strandbuhnen an den Nordseeinseln ohne Zweifel eine sehr nützliche Vorarbeit sein.

Als Strandbuhnen am wenigsten zu empfehlen sind Strauchwerke ohne Steinbelastung. Das lehren die Erfahrungen, die mit derartigen Werken vor 1850 auf Wangeroog und Norderney und in den letzten Jahren auf der Helgoländer Düneninsel gemacht worden sind. Fünf Strauchbuhnen, die in den Jahren 1818 bis 1821, 1832 und 1834 auf Wangeroog ausgeführt waren, sind nach wiederholt vorgekommenen größeren Beschädigungen seit 1850 ganz aufgegeben worden; zwei nach 1844 auf Norderney hergestellte Buhnen von gleicher Bauart waren schon 1848 derartig zerstört, daß von ihrer Wiederherstellung Abstand genommen worden ist. Die als Strauchwerke ohne Steinbelastung hergestellten Teile der Buhnen auf der Helgoländer Düneninsel haben sich schon in der kurzen Zeit ihres Bestehens als sehr vergänglich und deshalb in der Unterhaltung als übermäßig teuer erwiesen. Voraussichtlich werden die hohen Unterhaltungskosten sehr bald dazu führen, diese Buhnenteile entweder mit Steinen abzudecken, oder derart umzubauen, daß sie haltbarer und zugleich auf die Dauer weniger kostspielig werden. Pfahlbuhnen würden hier wegen des meist schon in geringer Tiefe unter der Strandfläche anstehenden Felsgrundes wahrscheinlich nicht verwendbar sein. Wohl aber dürfte es sich empfehlen, an Stelle von einer oder zweien der vorhandenen Strauchwerke Versuche mit den vorerwähnten Betonbuhnen anzustellen. Der auf dem Strande lagernde Sand ist zur Betonbereitung ganz geeignet. In der Oberflächenform könnten die Betonbuhnen passend den jetzigen Strauchbuhnen nachgebildet werden, so daß sie in dem über der Strandfläche

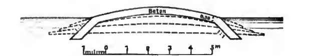


Abb. 19. Querschnitt für Betonbuhnen.
Die gestrichelten Linien stellen den Querschnitt der ursprünglichen Strauchbuhne dar.

liegenden Teil sich diesen völlig anschließen. Sie würden dann ungefähr den in der Text-Abb. 19 dargestellten Quer-

schnitt erhalten. Dessen Ausführung erfordert bei 30 cm Betonstärke für 1 m Buhnenlänge rund 2,5 cbm Beton; die Kosten sind — bei einem Mischungsverhältnis des Betons von einem Teil Zement zu acht Teilen Strandsand — für 1 m Länge auf höchstens 50 ℳ zu veranschlagen, oder auf ungefähr zwei Drittel der Kosten der Strauchbuhnen. Die Betonbuhnen würden also, wenn sie in die vorhandenen Strauchbuhnen an solchen Stellen eingelegt werden, die, weil das Strauchwerk verfault oder durch Sturmfluten zerstört ist, ohnehin erneuert werden müßten, besonderer Geldaufwendungen nicht bedürfen. Die Kosten könnten, weil sich aus dem Bau der Betonbuhnen im Vergleich zur Wiederherstellung der Strauchbuhnen noch Ersparungen ergeben würden, unbedenklich auf den Unterhaltungsfonds übernommen werden.

II. Dünenschutzwerke.

Nur auf fünf von den deutschen Nordseeinseln sind bisher Werke gebaut worden, die zum unmittelbaren Schutz der Dünen gegen den Wellenangriff bestimmt sind: auf Norderney, Borkum, Baltrum, Spiekeroog und Wangeroog. Die Bauart dieser Dünenschutzwerke ist sehr verschieden. Sie ist, wie die nachfolgende Darstellung und Beschreibung zeigen wird, nicht nur auf jeder Insel eine andere, sondern es sind meist sogar auf einer und derselben Insel noch verschiedene Bauweisen zur Anwendung gekommen.

a) Dünenschutzwerke auf Norderney.

(Vgl. den Lageplan Abb. 4 Bl. 6 und die Querschnitte Abb. 4 bis 8 Bl. 7.)

Auf dieser Insel sind bis zum Jahre 1882 die in dem Lageplan Abb. 4 Bl. 6 mit *a b c d e* bezeichneten Dünenschutzwerke zur Ausführung gekommen und zwar nach der Zeitfolge der Bauausführung:

1. Das in Abb. 6 Bl. 7 dargestellte Böschungspflaster auf der 975 m langen Strecke *b c d*. Es wurde im Jahre 1858 im unmittelbaren Anschluß an den Fuß der Düne

gebaut und besteht aus Sandsteinquadern, die nach einer doppelt gekrümmten Querschnittsform auf einer Bettung von Kalksand verlegt und deren Fugen mit Zementmörtel vergossen sind. Der Fuß der Steinböschung liegt auf 1,46 m über Mittelhochwasser, er lehnt sich gegen eine Pfahlwand und ist durch eine aus Faschinenpackwerk mit Steinbelastung hergestellte Berme gegen Unterspülung gesichert. An die auf + 3,50 — höchste Sturmfluthöhe — liegende Oberkante der Quaderböschung schließt sich eine schwach ansteigende Klinkerpflasterung, die ebenso wie das Böschungspflaster eine Unterbettung von Kalksand hat.

2. Die in den Jahren 1864 bis 1867 auf der Strecke *a b* angelegte Böschungsbefestigung durch eine Faschinenspreitlage (Abb. 7 Bl. 7). Der in vierfacher Böschung abgeglichene Dünenrand wurde bis zur Höhe von 4 m über Mittelhochwasser mit einer 0,50 m dicken, gut abgestampften und mit Stroh bestickten Kleischicht abgedeckt, und auf der so hergestellten Unterlage wurde dann eine 0,30 m starke, durch Flechtzäune und kurze Pfähle befestigte Faschinendecke angelegt.

3. Das in den Jahren 1874 bis 1877 auf der 500 m langen Strecke *d e* als Wellenbrecher vor dem Dünenfuß ausgeführte Pfahlschutzwerk (Abb. 4 und 5 Bl. 7). Eine oben in 2 m Höhe durchbrochene, im übrigen dichte Pfahlwand war in ihrem unteren Teil an der Seeseite durch eine zweifache Steinböschung, an der Landseite durch eine Steinkiste eingefaßt. Steinböschung und Steinkiste hatten eine Unterbettung von Faschinen. Die Abmessungen und die Art der Zusammensetzung der einzelnen Bauteile ergeben sich aus den beiden Abbildungen.

Von diesen Schutzwerken ist heute nur noch die unter 1 aufgeführte Steinböschung vorhanden und in ihren Hauptteilen unverändert geblieben. Sie hat in den 45 Jahren, die seit ihrer Erbauung verflossen sind, nur selten größere Beschädigungen erlitten. In der Sturmflut vom 16./17. Dez. 1873 war die Berme am Fuß der Böschung auf 150 m Länge gesunken, hinter der Böschung das Klinkerpflaster

auf 65 m Länge eingestürzt und der Dünensand in ungefähr 6 m Breite und 2 m Tiefe weggespült. Die Quaderböschung selbst war auf 25 m Länge in den obersten vier Steinschichten beschädigt. Die Ausbesserung erforderte einen Kostenaufwand von 13300 ℳ. Eine größere Beschädigung der Berme wurde auch durch die Sturmflut vom 15. Okt. 1881 herbeigeführt. Das Klinkerpflaster und die Düne hinter dem Pflaster wurden in größerem Umfange wiederholt beschädigt. In der Sturmflut vom 22./23. Dez. 1894 hatten die über den Kopf der Steinböschung hinwegrollenden Wellen die Düne hinter dem Pflaster angegriffen und ausgetieft, das Pflaster selbst auf 102 m Länge vollständig weggeschlagen und weitere 42 m Länge sehr beschädigt. Um derartigen Zerstörungen für die Zukunft vorzubeugen, wurde die Klinkerpflasterung in der in Abb. 6 Bl. 7 durch punktierte Linien angedeuteten Form weiter hinaufgeführt. Der obere Kantstein liegt jetzt auf 4,80 anstatt früher auf 3,80 m über Mittelhochwasser. Die Erhöhung wurde im Jahre 1895 mit einem Kostenaufwande von rund 50000 ℳ bewerkstelligt.

Die unter 2 beschriebene Faschinenabdeckung erforderte, wie bei dem in trockener Lage sehr vergänglichen Material nicht anders zu erwarten war, große Unterhaltungskosten. Sie wurde in den Jahren 1883/84 durch eine Steinböschung ersetzt, die bis auf die vorgebaute Berme mit der unter 1 aufgeführten älteren Steinböschung übereinstimmt. An Stelle der Berme, die bei dem älteren Deckwerk aus einem mit Steinen abgedeckten Faschinenpackwerk besteht, wurde hier nur eine Spreitlage von Faschinen in derselben Bauweise hergestellt, die sich als Dünenschutzwerk so wenig bewährt hatte. Diese Anlage erwies sich aber auch hier als so wenig dauerhaft und in der Unterhaltung so teuer, daß sie im Jahre 1903 ganz beseitigt wurde. Als Ersatz dafür wurde zum Schutz des Böschungsfußes die in der Abb. 8 Bl. 7 dargestellte Vorlage ausgeführt. Sie besteht aus einem an den Fuß der Quaderböschung sich anschließenden Klinkerpflaster, das in der Neigung 1 : 2 bis zur Höhe des mittleren Hochwassers herabgeht. Den Fuß des Klinkerpflasters

bildet eine Reihe von Betonsteinen, denen zur größeren Sicherheit gegen Unterspülungen — für den Fall einer starken Erniedrigung des Strandes — noch eine 2 m breite Faschinenspreitlage vorgelegt ist. Von dieser ist, weil sie unter Mittelhochwasser und mehr als 1 m unter der gewöhnlichen Strandhöhe liegt, eine baldige Zerstörung durch Fäulnis nicht zu befürchten. Das Klinkerpflaster ist auf einer Ziegelflachschicht in Zementmörtel verlegt. Der unter der alten Spreitlage vorhandene Klei wurde als Unterlage für das Pflaster und die neue Spreitlage verwandt.

Das im Jahre 1877 vollendete Pfahlschutzwerk wurde in der Sturmflut vom 22./23. Dez. 1894 stark beschädigt, auf mehr als 100 m Länge ganz weggerissen. Nachdem die Schäden vorläufig ausgebessert waren, wurde das ganze Werk in den Jahren 1897 bis 1899 abgebrochen und durch ein Böschungspflaster von gleicher Bausrt mit dem unter 1 beschriebenen ersetzt. Auch die im Jahre 1895 hinter der älteren Steinböschung vorgenommene Erbreiterung und Erhöhung des Klinkerpflasters wurde auf dieser Strecke gleich durchgeführt.

Das Norderneyer Dünenschutzwerk ist demnach seit 1899 in seinen Hauptteilen überall von gleicher Bauart. Von ungleicher Beschaffenheit ist nur die zum Schutz gegen Unterspülungen bestimmte Vorlage am Fuß der Quadersteinböschung, die in dem älteren und dem zuletzt umgebauten Teil aus dem in Abb. 6 Bl. 7 dargestellten breiten, mit Steinen abgedeckten Faschinenpackwerk, im übrigen aus dem eben beschriebenen Klinkerpflaster (Abb. 8 Bl. 7) besteht.

Die Baukosten für 1 m Länge haben betragen:

für das ältere Deckwerk von 1858	460 ℳ
und unter Hinzurechnung der Kosten für die im Jahre 1895 ausgeführte Erbreiterung und Erhöhung des Klinkerpflasters	494 „
für das in den Jahren 1874 bis 1877 ausgeführte Pfahlwerk	250 „
für die in den Jahren 1897 bis 1899 an Stelle des Pfahlwerks hergestellte Steinböschung . .	528 „

Die Kosten der Faschinenspreitlage habe ich nicht ermitteln können. Sie werden nach einer überschlägigen Berechnung etwa 100 ℳ für 1 m Länge der abgedeckten Böschung betragen haben.

b) Dünenschutzwerke auf Borkum.

(Hierzu der Lageplan Abb. 1 Bl. 6 und die Querschnitte Abb. 1 bis 3 Bl. 7.)

Das erste Dünenschutzwerk auf Borkum ist im Jahre 1874 an der Strecke von Hauptbuhne I bis Hauptbuhne III als Wellenbrecher gebaut worden. Es hatte ursprünglich denselben Querschnitt, wie das in Abb. 4 und 5 Bl. 7 dargestellte Pfahlschutzwerk auf Norderney, wurde aber im Jahre 1878 nach dem Querschnitt Abb. 3 Bl. 7 umgebaut. Die Art der Zusammensetzung und Abstützung der Pfahlwand, die Form und Höhe, wie die Art der Unterbettung und Einfassung des Steindammes ist aus der Querschnittszeichnung zu ersehen.

Die späteren Schutzwerke sind in unmittelbarem Anschluß an die Düne in der Form von Stützmauern hergestellt worden. Sie bestehen an der Außenseite aus zwei in Zementmörtel gemauerten Klinkerrollschichten, im übrigen aus gestampftem Kalksand. Der Fuß der Mauer stützt sich auf einen durch eine Spundwand gegen Unterspülung geschützten Betonblock, ein an den Kopf sich anschließendes Klinkerpflaster vermittelt den Übergang zu dem ungedeckten oberen Teil der Düne. Die Mauer erhielt zu Anfang — in den Jahren 1875 und 1876 — die in Abb. 1 Bl. 7 dargestellte Querschnittsform. Ihre Oberkante lag danach auf 3 m, der obere Kantstein des Klinkerpflasters auf 4 m über Mittelhochwasser. Aber schon in den ersten höheren Sturmfluten vom 6. bis 9. März 1878 waren in der Düne hinter dem Klinkerpflaster überall Ausspülungen eingetreten, und nicht nur das Pflaster war beschädigt, sondern es zeigten sich stellenweise auch Risse in dem oberen Teile der Mauer. Bei den späteren Bauausführungen wurde daher der Kopf der Mauer und das anschließende Klinkerpflaster höher gelegt. Zunächst — in den Jahren 1878 und 1879 —

nach der in Abb. 2 Bl. 7 dargestellten Querschnittsform. Der Kopf der Mauer liegt danach um 0,75 m, der obere Kantstein des Klinkerpflasters um 1 m höher als nach der früheren Ausführung. Die neue Maner unterscheidet sich von der älteren auch, wie die Abb. 1 und 2 Bl. 7 ersehen lassen, in der Form des Kopfes wie in der Form und Stärke des aus Kalksand hergestellten Betonkörpers. An dieser zweiten Querschnittsform sind später noch einige unwesentliche Änderungen vorgenommen worden. Das mit 1 : 4 ansteigende Klinkerpflaster ist so angelegt worden, wie in Abb. 2 Bl. 7 durch punktierte Linien angedentet ist. Es hat jetzt eine Neigung 1 : 12 und bildet so einen vorzüglichen Spazierweg für die auf Borkum weilenden Badegäste, wozu es in seiner früheren Lage nicht geeignet war. Gegen die Düne ist es durch eine aus gleichem Material hergestellte steilere Böschung abgegrenzt, deren Oberkante ebenso, wie der obere Kantstein des früheren Klinkerpflasters auf 5 m über Mittelhochwasser liegt.

Alle später vorgenommene Verlängerungen der Mauer sind — mit ganz geringen Abweichungen — in derselben Bauart ausgeführt, und auch die zuerst gebaute Strecke ist entsprechend umgebaut worden. Die zuletzt ausgeführte Verlängerung an der Südwestseite hat zum Schutz gegen Unterspülungen noch eine 3 m breite, mit Steinen abgedeckte Vorlage von Faschinenpackwerk erhalten, und eine gleiche Vorlage ist später nach und nach auch an den älteren Strecken überall hergestellt worden.

Das im Jahre 1874 hergestellte Pfahlschutzwerk hat sich wenig bewährt. Es bot den Dünen keinen vollständigen Schutz und war auch dem Wellenangriff gegenüber nicht genügend widerstandsfähig. Schon in den Sturmfluten vom 6. bis 9. März 1878 war die Pfahlwand großenteils übergewichen und der Steindamm durchgehends gesunken, so daß für die Ausbesserung und Verstärkung des Werkes ein Betrag von 38000 ℳ aufgewendet werden mußte. Diese und ähnliche Erfahrungen, die schon so bald nach der Erbauung des Werkes gemacht wurden, zeigten, daß seine Er-

haltung auf die Dauer ganz unverhältnismäßig hohe Kosten erfordern werde. Es wurde daher im Jahre 1881 beschlossen, das Pfahlwerk ganz aufzugeben und durch eine Schutzmauer von der in den Jahren 1878 und 1879 zur Anwendung gekommenen Bauart zu ersetzen.

Die Borkumer Schutzmauer hat sich in ihrer jetzigen Form und Höhe als völlig zweckentsprechend erwiesen. Selbst in der hohen Sturmflut vom 22./23. Dezember 1894, die an dem Norderneyer Schutzwerk recht beträchtliche Zerstörungen im Klinkerpflaster herbeiführte, sind an der Borkumer Mauer, außer an den unfertigen Endabschlüssen, keine nennenswerte Beschädigungen vorgekommen.

Die Baukosten stellen sich mit Einschluß der Kosten für die 3 m breite Berme am Fuß der Mauer für 1 m Länge auf rund 300 *M*.

c) Dünenschutzwerke auf Baltrum.

(Hierzu der Lageplan Abb. 3 Bl. 6 und die Querschnitte Abb. 10 bis 14 Bl. 7.)

Die Dünenschutzwerke auf Baltrum wurden zuerst, in den Jahren 1873 bis 1875, als Steinabdeckungen des Dünenfußes, später in der Form von Wellenbrechern als sogenannte Pfahlschutzwerke hergestellt. Die Steinabdeckung (Abb. 12 Bl. 7) bestand aus einem zwischen zwei Bohlwänden liegenden Bruchsteinpflaster von 40 cm Stärke, welches mit einer 20 cm starken Unterbettung von Ziegelbrocken auf dem mit doppelten Kleisoden bekleideten und mit einer Neigung von $1:1\frac{1}{2}$ abgeglichenen Dünenrande verlegt wurde. Vor dem Fuß der Steinböschung wurden je nach der Höhenlage des Strandes eine oder mehrere Steinbermen mit Buschunterbettung hergestellt. Der Kopf des Werkes wurde mit Kleiboden hinterfüllt und die Hinterfüllung mit Kleisoden abgedeckt.

Die in den Jahren 1883 bis 1889 hergestellten Pfahlschutzwerke sind in den Querschnitten Abb. 10 und 11 sowie 13 und 14 Bl. 7 dargestellt. Sie weichen in ihrer Form und Zusammensetzung nicht wesentlich voneinander ab. Das Pfahlwerk und der Rücken des Steindammes liegen nach

Abb. 10 und 11 Bl. 7 um 0,50 m höher als nach Abb. 13 und 14. Auch hat der Steindamm in jedem der Querschnitte eine von den anderen abweichende Form und Breite erhalten. Vor dem Fuß des nach Abb. 13 ausgeführten Werkes wurde zum Schutz gegen Unterspülungen noch eine 2,50 m breite Berme — mit Steinen abgedecktes Faschinenpackwerk — angelegt.

Die in den Jahren 1873 bis 1875 gebaute Steinböschung erwies sich sehr bald als unhaltbar. Von der 541 m langen Böschung stürzte in der Sturmflut vom Januar 1877 ein 260 m langer Teil ein, und in der Flut vom 8. März 1878 wurde das Werk auf 60 und 80 m Länge durchbrochen und derartig zugerichtet, daß von einer ordnungsmäßigen Wiederherstellung einstweilen abgesehen wurde. Die herausgerissenen Steine wurden zunächst zu einem vorläufigen Schutzwall aufgekastet, im Jahre 1883 wurde dann das ganze Werk nach den Querschnitten Abb. 10 und 11 Bl. 7 umgebaut. Der durch zwei 10 cm starke Spundwände eingefaßte Steinwall hat eine Unterbettung von Zementsandbeton, die unterste 40 cm starke Lage in der Mischung 1 : 10, die obere 20 cm stark in der Mischung 1 : 4. Die Fugen des 25 bis 30 cm starken Quaderpflasters sind mit Zementmörtel vergossen. Die Pfahlwand besteht aus Rundpfählen, die mit geringen, zum Durchlassen des Flugsandes bestimmten Zwischenräumen eingerammt sind. Die vorläufigen Sicherungsarbeiten und der Umbau erforderten einen Kostenaufwand von 139800 ℳ.

Aber das Werk war auch in dieser neuen Form den Angriffen der Meereswellen noch nicht gewachsen. Es wurde schon gleich nach seiner Vollendung durch die Herbstfluten von 1883 stark beschädigt. Der Steinkörper zeigte große Risse, das Pflaster war an mehreren Stellen herausgeschlagen und in der ganzen Länge waren Sackungen eingetreten. Der Strand hatte an Höhe derart abgenommen, daß das Dünenwerk sofort mit neuen Vorlagen versehen werden mußte. Ähnliche Beschädigungen wurden an dem wiederhergestellten und einem im Jahre 1884 in gleicher Bauart

errichteten neuen Schutzwerk durch eine Sturmflut vom 27. Oktober 1884 herbeigeführt. In dieser Flut war auch die vordere Spundwand in größerer Ausdehnung übergewichen, weil sich am Fuße des Werkes metertiefe Kolke gebildet hatten. Es wurde deshalb zur Ausführung der in Abb. 14 Bl. 7 dargestellten Vorlage geschritten und zur Verstärkung der Spundwand noch eine Reihe 4,50 m langer Pfähle vorgerammt (Abb. 13 und 14 Bl. 7). Die zuletzt — in den Jahren 1888 und 1889 — neu erbauten Pfahlwerke wurden gleich von vornherein mit diesen Verstärkungen ausgeführt.

Trotz alledem wurden die Werke in den Sturmfluten von 1894 und 1895 wieder stark beschädigt. In der Flut vom 22./23. Dezember 1894 hatte sich zwar der zwischen den Spundwänden liegende Steinwall gut gehalten, aber die Bruchsteinvorlage war in dem nach Abb. 11 Bl. 7 hergestellten Teil des Schutzwerks weggeschlagen, in der Pfahlwand waren mehrere größere Lücken entstanden und die Düne hinter dem Schutzwerk war sehr angegriffen. Die Strecken mit den zerstörten Vorlagen wurden im Jahre 1895 nach dem in Abb. 13 Bl. 7 dargestellten Querschnitt umgebaut. Für diesen Umbau wurden rund 36000 ℳ, für die Ausbesserung der übrigen Schäden 37000 ℳ verausgabt. In den Sturmfluten vom 5. bis 8. Dezember 1895 hatte der Strand vor und hinter dem Schutzwerk so bedeutend an Höhe abgenommen, daß die Spundwände an beiden Seiten des Steinwalles über 1 m tief freigelegt waren. Ein großer Teil des Werkes war hohl geworden, und an verschiedenen Stellen waren Löcher und Durchbrüche entstanden. Die Ausbesserung der Schäden veranlaßte eine Ausgabe von rund 152000 ℳ.

Nach der im Jahrgang 1895 der Zeitschrift für Bauwesen veröffentlichten „Geschichte der Strandschutzbauten auf Baltrum“, der die vorstehenden Angaben zum größten Teil entnommen sind, stellten sich die Baukosten für 1 m Länge der fertigen Werke: für den im Jahre 1883 ausgeführten Umbau der zerstörten Steinböschung nach Abb. 11 Bl. 7 auf 105 ℳ, nach Abb. 10 Bl. 7 auf 275 ℳ, für das

Schutzwerk nach Abb. 13 Bl. 7 ohne Vorlage auf 302 ℳ, für das Schutzwerk nach Abb. 14 Bl. 7 mit 2,50 m breiter Vorlage auf 340 ℳ, mit 4 m breiter Vorlage auf 408 ℳ.

Für die in den Jahren 1873 bis 1875 hergestellte und 1883 umgebaute Steinböschung, Abb. 12 Bl. 7, hatten die Neubaukosten für 1 m Länge 134 ℳ betragen.

d) Dünenschutzwerke auf Spiekeroog.

(Hierzu der Lageplan Abb. 6 Bl. 6 und der Querschnitt Abb. 9 Bl. 7.)

Von den Dünenschutzwerken auf Spiekeroog, die zusammen 1590 m lang sind, sind die beiden Endstrecken als Steinabdeckungen am Dünenfuß hergestellt, die Verbindungsstrecke springt etwas gegen den Dünenfuß vor und ist ein als Wellenbrecher dienendes Pfahlwerk.

Die Abdeckung der südlichen Endstrecke besteht aus einer Schutzmauer, die im Querschnitt der Borkumer nachgebildet ist, das Pfahlwerk der mittleren Strecke stimmt mit den unter c beschriebenen Pfahlwerken auf Baltrum (Abb. 13 und 14 Bl. 7) in allen wesentlichen Teilen überein. Beide bedürfen daher hier keiner weiteren Beschreibung. Zu der Schutzmauer ist nur zu bemerken, daß sie an Stelle der auf Borkum verwendeten Klinkerrollschichten mit Quadern verblendet ist. Sie ist dadurch nicht wesentlich haltbarer oder dauerhafter, aber sehr viel teurer geworden als auf Borkum.

Auf der nördlichen Endstrecke wurde der Dünenfuß zuerst — im Jahre 1875 — durch eine Steinböschung abgedeckt, von ganz ähnlicher Bauart, wie das kurz vorher erbaute Deckwerk auf Baltrum (Abb. 12 Bl. 7). Aber diese Abdeckung erwies sich hier ebensowenig haltbar wie dort. Sie wurde deshalb schon im Jahre 1879 unter Wiederverwendung der Steine und der Bohlwände nach dem Querschnitt Abb. 9 Bl. 7 umgebaut. Ein in Zementmörtel verlegtes Pflaster von Bruchsteinen wurde danach in doppelt gekrümmter Querschnittsform und auf einer Unterbettung von Sandbeton von der Oberkante der oberen Bohlwand (+ 3,75) bis zur Strandhöhe (gewöhnliche Flut) herab-

geführt. Um das Werk gegen Unterspülung zu schützen, erhielt es am Fuß eine 2 m tiefe Spundwand. Von dem Kopf des Bruchsteinpflasters bis zur Höhe von 5 m über Mittelhochwasser wurde die Düne noch durch ein flachgeneigtes in Kalksand verlegtes Klinkerpflaster abgedeckt. Die Kosten dieses Umbaues betrugen für 551 m Länge rund 130000 *M*, also für 1 m ungefähr 236 *M*. Das so umgebaute Deckwerk hat sich bis zu den Sturmfluten von 1894 und 1895 gut gehalten. In der Flut vom 22./23. Dezember 1894 wurde die Düne hinter dem Deckwerk auf 120 m Länge und in 10 bis 14 m Breite bis auf eine Tiefe von 1,50 m unter dem Kopf des Bruchsteinpflasters ausgespült und das Klinkerpflaster zerstört. Bei der Wiederherstellung im Jahre 1895 wurde das Klinkerpflaster höher — bis auf + 6,20 m — hinaufgeführt und erhielt als Abgrenzung gegen die Düne einen steilen Anlauf wie auf Norderney und Borkum (Abb. 9 Bl. 7), wo die Erhöhung durch punktierte Linien angedeutet ist.

Trotz dieser Erhöhung verursachten die Fluten vom 5. bis 8. Dezember 1895 neue und sehr umfangreiche Zerstörungen. Der Strand, der bis dahin sehr hoch gelegen und den unteren Teil des Schutzwerkes bis zur Höhe von ungefähr 2 m über Mittelhochwasser bedeckt hatte, wurde bis auf — 2 m weggeschlagen. Infolgedessen wurde die mit dem Betonbett des Pflasters nicht verankerte Spundwand am Fuße des Werkes auf etwa 500 m Länge teils ganz fortgerissen, teils gehoben und verschoben und dann das Bruchsteinpflaster unterspült. Das Pflaster war in den unteren Teilen überall und stellenweise bis oben hinauf nachgesunken und zerstört. Die für Ausbesserung der Schäden von 1894 und 1895 erwachsenen Kosten, mit Einschluß der Kosten für die Erbreiterung des Klinkerpflasters und für die Herstellung einer Schutzberme am Fuße des Deckwerks, beliefen sich auf rund 200000 *M*.

Der Gesamtbetrag der Kosten, die für das vorbeschriebene Schutzwerk bisher verausgabt worden sind, ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

1875/77 Kosten der ersten Anlage als Steinböschung	108400 ℳ
1879/80 Umbaukosten	130000 „
1895/96 Ausbesserung von Sturmschäden und Verstärkungsarbeiten	200000 „
für 551 m Länge zusammen	438400 ℳ

oder für 1 m 796 ℳ.

e) Dünenschutzwerke auf Wangeroog.

Mit der Anlage von Dünenschutzwerken ist auf Wangeroog viel später begonnen worden, als mit dem Bau von Strandbuhnen. Die ersten Versuche, den Strand und die Insel dnrch Buhnen gegen weiteren Abbruch zu schützen, waren schon in den Jahren 1818 bis 1820 gemacht worden, der Bau eines Deckwerks zum unmittelbaren Dünenschutz wurde zuerst im Jahre 1851 angeregt. Es wurde vorgeschlagen, am Dünenfuß eine Buschabdeckung mit doppelter Moorsodenunterlage herzustellen; der großen Kosten wegen und weil ein dauernder Schutz davon nicht erwartet werden konnte, wurde aber von der Ausführung abgesehen. Erst nachdem durch die Sturmfluten von 1854/55 und in den darauf folgenden Jahren die Dünen auf dem westlichen Teile der Insel — mit vielen Häusern, einer Kirche und einem Leuchtturm — bis auf wenige Überreste dem Meere zum Opfer gefallen waren, wurde der Bau umfassender Schutzwerke für die Insel und den bereits umspülten, aber als Tagesmarke für die Schiffahrt wichtigen Kirchturm ernstlich ins Auge gefaßt. Doch bedurfte es noch vieler und zeitraubender Verhandlungen, zuerst zwischen den an der Seeschiffahrt bei Wangeroog am meisten beteiligten Staaten Preußen, Oldenburg und Bremen, dann zwischen diesen drei Staaten und dem wegen des Kriegshafens an der Jade ebenfalls beteiligten Deutschen Reich, um über die Art und den Umfang der zu erbauenden Werke, wie über die Aufbringung der Bau- und Unterhaltungskosten eine Einigung zu erzielen. Nachdem im Jahre 1877 ein Vertrag hierüber zustande gekommen war, wurde mit dem Bau von Dünen-

schutzwerken kräftig vorgegangen. Die ersten Arbeiten bestanden in der Schließung zweier Dünendurchbrüche, die in der Nähe des alten Kirchturmes entstanden waren, durch Sanddeiche, deren seeseitige Böschung bis auf 3 m über Mittelhochwasser mit Steinen, darüber bis zur Krone mit Rasen abgedeckt wurde. Gleich darauf, in den Jahren 1878 bis 1880, wurde an dem westlichen Dünen- und Uferrand eine Steinböschung und rings um den Fuß des Kirchturmes ein mit Steinen abgedecktes Faschinenpackwerk nebst einer Reihe von Strandbuhnen hergestellt. Den Querschnitt der Steinböschung zeigt die Text-Abb. 20. Ein auf einer Betonbettung in Zementmörtel verlegtes Bruchsteinpflaster wird unten durch ein Faschinenpackwerk und eine vorgerammte Pfahlwand gegen Unterspülung geschützt und lehnt sich oben an eine kleine Mauer von Ziegelsteinen. Weitere ähnliche Schutzwerke wurden in den Jahren 1895 bis 1899 am nördlichen Dünenrande teils vom Deutschen Reich, teils von Oldenburg ausgeführt, die Dünenschutzwerke nach den in Text-Abb. 21 und 22 dargestellten Querschnitten.

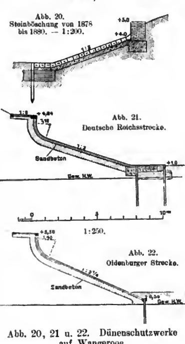


Abb. 20, 21 u. 22. Dünenschutzwerke auf Wangeroog.

Die zuletzt ausgeführten Werke sind, wie die Querschnittszeichnungen ersehen lassen, von ungefähr gleicher

Bauart. Sie haben ähnlich, wie das Deckwerk auf Borkum, die Form von Stützmauern, die nach unten allmählich in eine mehr oder weniger flache Böschung übergehen. Sie gleichen dem Borkumer Deckwerk auch darin, daß sie ebenso wie dort aus Klinkermauerwerk auf Sandbeton hergestellt sind, am Fuß eine Spundwand und oben eine Hinterpflasterung von Klinkern haben. Aber der Kopf der Mauer liegt hier überall wesentlich höher, als auf Borkum — nach Text-Abb. 21 auf 4,84 m, nach Text-Abb. 22 auf 5,50 m, in Borkum auf 4 m über Mittelhochwasser — und ist nicht wie dort abgerundet. Eine Berme am Fuß der Mauer zum Schutz gegen Unterspülungen ist nur auf der vom Reich gebauten Strecke (Text-Abb. 21) zur Ausführung gekommen. Auf der oldenburgischen Strecke liegt dagegen der Fuß der Mauer um 0,50 m tiefer, als auf der Reichsstrecke.

f) Schlußbemerkungen über den Bau von Dünenschutzwerken.

Aus den vorstehenden Mitteilungen über die bei der Anlage und Unterhaltung von Dünenschutzwerken auf den ostfriesischen Inseln gemachten Erfahrungen lassen sich einige Lehren ziehen, die für die Aufstellung von Bauentwürfen für künftige ähnliche Anlagen beachtenswert sind.

Als Dünenschutzwerke haben sich am wenigsten haltbar Faschinenspreitlagen ohne Steinbedeckung erwiesen. Auf Norderney, Borkum und Baltrum, überall, wo solche Abdeckungen in größerem oder kleinerem Umfange hergestellt wurden, mußten sie ihrer geringen Haltbarkeit wegen schon nach kurzer Zeit aufgegeben und durch neue stärkere Anlagen ersetzt werden.

Sehr wenig widerstandsfähig waren auch die auf Baltrum und Spiekeroog hergestellten, von Holzwänden eingefaßten Steinböschungen mit Buschunterbettung (Abb. 12 Bl. 7). Sie wurden auf beiden Inseln schon im zweiten und dritten Jahr nach ihrer Vollendung so gründlich zerstört, daß an eine Wiederherstellung in derselben Bauart nicht gedacht werden konnte. Solche Steinböschungen können daher künftig als

Dünenschutzwerke ebensowenig in Frage kommen, wie die vorgedachten Faschinenspreitlagen.

Nicht ganz so ungünstig, aber doch auch für künftige Ausführungen sehr wenig empfehlend sind die Erfahrungen, die mit den sogenannten Pfahlschutzwerken gemacht worden sind. Das Norderneyer Werk dieser Art wurde nach einem Bestande von 20 Jahren, das Borkumer schon nach 7 Jahren abgebrochen und durch Böschungsmauern ersetzt, weil sie mehrfach durch Sturmfluten stark beschädigt worden waren und den Dünen keinen vollständigen Schutz gewährt hatten. Auf Baltrum sind die Pfahlwerke trotz wiederholt vorgekommener großer Beschädigungen, nicht nur an den Pfahlwerken selbst, sondern auch an den hinter ihnen liegenden Dünen, bisher noch immer in gleicher und nur teilweise verstärkter Bauart wiederhergestellt worden. Aber die Ausbesserung erforderte nach den letzten hohen Sturmfluten von 1894/95 so beträchtliche Kosten, daß ihr allmählicher vollständiger Umbau in eine Schutzmauer derzeit bereits angeregt worden ist. Am wenigsten beschädigt wurde bisher das Pfahlwerk auf Spiekeroog. Es ist 802 m lang und hat in den Sturmfluten von 1894 wenig gelitten. In den Hochfluten vom 5. bis 8. Dezember 1895 waren aber doch einige größere Beschädigungen eingetreten, deren Ausbesserung einen Kostenaufwand von rund 23000 ℳ erforderte. Auch mußte, weil die Strandhöhe sehr abgenommen hatte, vor dem Pfahlwerk eine Berme angelegt werden, die rund 30000 ℳ kostete. Diese beiden Posten von zusammen 53000 ℳ waren für ein Werk, dessen Neubaukosten rund 200000 ℳ betragen hatten, immerhin schon eine recht große Ausgabe, und da die Unterhaltungskosten mit dem allmählichen Verfaulen des Holzwerks in den Pfahl- und Spundwänden noch zunehmen werden, so wird die Bauverwaltung sich voraussichtlich auch hier bald vor die Frage gestellt sehen, ob nicht der Umbau in eine Schutzmauer der weiteren Unterhaltung der vorhandenen Anlage vorzuziehen ist.

Unstreitig am besten haben sich die in verschiedenen Formen ausgeführten Böschungsmauern bewährt. Es bleibt

nur zu untersuchen, welche von ihnen technisch und wirtschaftlich die zweckmäßigsten sind, sowie ob und inwieweit es sich empfiehlt, bei künftigen Bauausführungen von den bisher zur Anwendung gekommenen Formen abzuweichen.

Die Querschnitte der auf den ostfriesischen Inseln jetzt vorhandenen Schutzmauern — mit Ausnahme der am westlichen Dünenrand von Wangeroog, die in ihrer Höhe mit der später vom Reich ausgeführten Strecke ungefähr übereinstimmt, aber wegen der flacheren Böschungsanlage und der Verwendung von Bruchsteinen anstatt Klinkern sehr viel teurer geworden ist — sind in Text-Abb. 23 derartig zusammengestellt, daß ihre Verschiedenheiten in der Form und in der Höhe leicht zu übersehen sind. Alle Höhen und die eingeschriebenen Zahlen beziehen sich auf das mittlere Hochwasser (gewöhnliche Flut). Auch sind in alle Querschnitte die gleichen Sturmfluthöhen eingetragen, obgleich es nicht festgestellt ist, daß diese Höhen bei allen Inseln genau dieselben gewesen sind, und es sogar zweifelhaft sein mag, ob die Sturmflut von 1825 die angegebene, aus den Mitteilungen von Tolle im Jahrgang 1864 der Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieurvereins entnommene Höhe an den Inselküsten wirklich erreicht hat.

Sehr in die Augen fallend sind zunächst die Unterschiede in der Höhenlage der Mauern. Im Verhältnis zum gewöhnlichen Hochwasser liegt der Fuß der Mauer auf Norderney auf + 1,46, auf Borkum und Spiekeroog auf ± 0, auf Wangeroog in der von Oldenburg gebauten Strecke auf + 0,50, in der Reichsstrecke auf + 1 m; der Kopf der eigentlichen Böschungsmauer — abgesehen von der Klinkerhinterpflasterung — auf Norderney auf + 3,50, auf Borkum (nach der vorgenommenen Erhöhung) auf + 4, auf Spiekeroog auf + 3,75, auf Wangeroog in der oldenburgischen Strecke auf + 5,50, in der Reichsstrecke auf + 4,84 m. Danach betragen die Mauerhöhen in der vorbezeichneten Reihenfolge 2,04, 4, 3,75, 5 und 3,84 m.

Diese großen Verschiedenheiten in den Höhenabmessungen sind durch entsprechende Unterschiede in den örtlichen Ver-

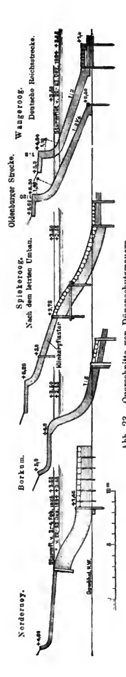


Abb. 23. Querschnitte von Dünenschutzmauern.

hältnissen nicht zu begründen. Im Gegenteil. Weder ist festgestellt, noch liegt ein Grund zu der Annahme vor, daß die höchsten Sturmflut- und Wellenhöhen, die bei der Bemessung der Kronenhöhe der Schutzmauern hauptsächlich in Betracht kommen, an den einzelnen Inseln wesentlich voneinander abweichen. Und wenn auch die Höhenlage des Strandes am Fuß der zu schützenden Düne zur Zeit der Aufstellung des Bauentwurfs auf der einen Insel von der auf einer anderen sehr verschieden sein kann, so darf doch die zeitweilig vorhandene und meist sehr veränderliche Strandhöhe für die Bemessung der Höhenlage des Fußes der Schutzmauer niemals als maßgebend angenommen werden. Denn wie vielfache Erfahrungen gezeigt haben, kann ein Strand, auch wenn er durch Buhnen geschützt ist, in kurzer Zeit, bisweilen unter der Einwirkung einzelner hoher Fluten, an Höhe sehr bedeutend abnehmen, und diese Möglichkeit darf bei dem Bau eines Dünenschutzwerkes nicht außer acht gelassen werden.

Die in Text-Abb. 23 zusammengestellten Querschnitte zeigen aber außer in ihren Höhenverhältnissen auch in der Form ganz wesentliche Unterschiede. In ihren unteren Teilen sind alle mehr oder

weniger flach geneigt, teils muldenförmig, teils in der Form von geradlinigen Böschungen; in den oberen Teilen dagegen sind die Mauern auf Norderney und Spiekeroog flach gewölbt, auf Borkum und Wangeroog steil. Dieser Unterschied in der Form gerade desjenigen Teils der Mauer, der bei hohen Sturmfluten in der mittleren Wellenhöhe liegt, ist insofern wesentlich, als die flache Wölbung das Überrollen der Wellen begünstigt, während die gegen die steile Wand anlaufende Welle in sich zusammenstürzt, so daß das hinterliegende Pflaster und die Düne nur von dem überschlagenden Spritzwasser getroffen wird.

Wenn die einzelnen Mauerquerschnitte hinsichtlich ihrer Höhe und Form nach den vorstehend bezeichneten Gesichtspunkten geprüft und miteinander verglichen werden, so zeigt sich, daß die Norderneyer Mauer den an ein Dünenschutzwerk zu stellenden Anforderungen am wenigsten entspricht. Bei ihrer geringen Höhe und der flachen Wölbung des Kopfes konnte sie, solange die Hinterpflasterung noch nicht erbreitert und erhöht war, der hinterliegenden Düne bei hohen Sturmfluten keinen genügenden Schutz gegen den Wellenangriff bieten und mußte durch die überrollenden Wellen sogar in ihrem eigenen Bestande sehr gefährdet werden. Die hohe Lage des Fußes machte die Anlage einer breiten kräftigen Berme notwendig; aber die Berme liegt noch in ihrer ganzen Dicke über dem gewöhnlichen Hochwasser und ist, weil die Buschunterbettung in dieser hohen Lage bald verfault, schon bei mäßiger Erniedrigung des Strandes größeren Beschädigungen ausgesetzt. Deshalb ist es leicht erklärlich, daß das Klinkerpflaster und die Düne hinter der Mauer, wie auch die Berme und die Mauer selbst, trotz ihrer großen Standfestigkeit und sorgfältigen Ausführung schon durch Sturmfluten beschädigt wurde, die in ihrer Höhe gegen die höchste bekannte Flut von 1825 mehr oder weniger zurückblieben. Seitdem das Klinkerpflaster hinter der Mauer erbreitert und bis auf + 4,80 erhöht worden ist, sind Beschädigungen noch nicht wieder vorgekommen. Aber nach den Erfahrungen, die an der ähnlich geformten Schutzmauer auf Spiekeroog gemacht worden sind,

wird kaum darauf gerechnet werden können, daß das Pflaster in seiner jetzigen Form und Höhe für alle Fälle ausreichen wird, Zerstörungen durch die überschlagenden Wellen zu verhindern. An der Spiekerooger Mauer wurde das in den Jahren 1879/80 bis auf + 5 hinaufgeführte Klinkerpflaster in der Dezembersturmflut von 1894 streckenweise vollständig zerstört und die Düne bis auf 1,50 m Tiefe unter dem Kopf der Mauer ausgewaschen. Nun besteht zwar zwischen dem jetzigen Norderneyer und dem Spiekerooger Pflaster von 1894 der Unterschied, daß jenes mit einem ungefähr 1 m hohen steilen Anlauf gegen die Düne abschließt und dieses einen solchen Anlauf derzeit nicht hatte; es dürfte aber recht zweifelhaft sein, ob dieser Anlauf bei der geringen Höhe der Norderneyer Mauer eine ausreichende Gewähr dafür bietet, daß Zerstörungen, wie im Jahre 1894 bei der Mauer auf Spiegeroog, vermieden werden.

Die Spiekerooger Mauer hat im Vergleich mit der Norderneyer den Vorzug, daß ihre Höhenverhältnisse zweckentsprechender sind. Der Kopf der Mauer liegt um 0,25 m höher, der Fuß um 1,46 m tiefer, als auf Norderney. Aber die tiefere Lage des Fußes hat nicht verhindert, daß die Mauer in den Sturmfluten vom 5. bis 9. Dezember 1895 unterspült und zum großen Teil zerstört wurde, ebensowenig wie ein Jahr vorher die etwas größere Höhe des Kopfes weitgehende Zerstörungen des Klinkerpflasters und der Düne hinter der Mauer abzuwenden vermocht hatte. Um das Deckwerk für die Zukunft gegen ähnliche Zerstörungen zu schützen, ist, wie in der Text-Abb. 23 angegeben, das Klinkerpflaster auf + 6,20 erhöht und am Fuß der Mauer eine Berme angelegt worden. Daß beide Maßnahmen ihren Zweck erfüllen werden, ist nach den bisher gemachten Erfahrungen anzunehmen. Aber das Bauwerk hat noch andere schwache Stellen, die über kurz oder lang große Beschädigungen veranlassen können. Das sind die in den oberen Teil der Mauer und in das Klinkerpflaster eingebauten Pfahlwände. Alle diese Holzteile werden bei ihrer hohen Lage in trockenem Sande bald verfaulen, und es liegt auf der Hand, daß

dadurch die Haltbarkeit des Mauerwerks in hohem Grade gefährdet wird. Wie es von vornherein sehr bedenklich war, die aus dem alten zerstörten Deckwerk stammenden Holzwände bei dem Umbau stehen zu lassen und in den Mauerkörper einzubauen, so ist jetzt ihre baldige Beseitigung, ebenso wie die Beseitigung der in das Klinkerpflaster auf + 5 m eingebauten Pfahlreihe zur Vermeidung größerer Sturmschäden dringend zu empfehlen.

Bei den in der Form und Ausführung ähnlichen Schutzmauern auf Borkum und Wangeroog ist es lehrreich zu sehen, wie ihre Höhen nsch der Zeit ihrer Erbaunng stetig zugenommen haben. Die auf Borkum zuerst erbaute Mauer hatte ebenso wie die jetzigen Mauern auf Wangeroog einen scharfkantigen Kopf, der auf + 3 m lag (Abb. 1 Bl. 7). Später wurde der Kopf abgerundet und zuerst auf + 3,75, dann auf + 4 m erhöht. Auf Wangeroog liegt der Kopf der reichsseitig hergestellten Mauer auf + 4,84, der — zuletzt — von Oldenburg gebauten auf + 5,50 m. Offenbar infolge dor von Zeit zu Zeit gemachten Erfahrungen ist die Höhe von + 3 m allmählich auf + 5,50 m gestiegen. Die Erhöhung der Borkumer Mauer von 3 m auf 3,75 und 4 m würde an sich zum Schutz der hinterliegenden Düne und zur eigenen Sicherheit gegen Beschädigung durch überschlagende Wellen nicht genügt haben; erst durch die bis auf + 5 m hinaufgeführte und gegen die Dünen steil anlaufende Hinterpflasterung ist das Bauwerk so weit verstärkt worden, daß es sich voraussichtlich für alle Fälle als zweckentsprechend und haltbar erweisen wird. Die Wangerooger Mauern sind beide wesentlich höher als die Borknmer nnd geben dadurch größere Sicherheit gegen das Überschlagen der Wellen. Aber dieser Vorzug dürfte einigermaßen dadurch ausgeglichen werden, daß jene nur eine verhältnismäßig schmale Hinterpflasterung haben und in ihren unteren Teilen nicht muldenförmig, sondern bis zur Höhe von über + 3 m als flache Böschnngen hergestellt sind. Zur Zeit der höchsten Sturmfluten stößt, wie die Querschnittszeichnungen ersehen lassen, die Welle bei den beiden Wangerooger Mauern auf die mehr oder weniger

schräge Böschungsfläche, wogegen sie die Borkumer Mauer an der Stelle trifft, wo diese am steilsten ist. Die Welle wird deshalb an dieser gleich beim Anschlagen kräftiger gebrochen und weniger hoch auflaufen, als an den Mauern auf Wangeroog. Ob die Höhe von + 4,84 m der vom Reich hergestellten Mauer zum Schutz der hinterliegendon Düne immer völlig genügen wird, oder ob nicht doch die größere Höhe der oldenburgischen Mauer den Vorzug verdient, kann nach den bisher gemachten Erfahrungen noch nicht mit einiger Sioherheit festgestellt werden.

Der Mauerfuß liegt auf Borkum in der Höhe des gewöhnlichen Hochwassers, auf Wangoroog in der oldenburgischen Strecke auf + 0,50, in der Reichsstrecke auf + 1 m. Er hat auf Borkum und in der Reichsstrecke eine mit Steinen abgedeckte Buschvorlage erhalten, auf der oldenburgischen Strecke ist eine solohe Vorlage zur Zeit noch nicht vorhanden. Die Oberkante der Spundwand am Fuß der oldenhurgischen Mauer liegt zwar um 0,50 m tiefer, als in der anschließenden Reiohsstrecke, und oine Erniedrigung des Strandes wird daher jener kaum früher gefährlich werden, als dioser, wo die vorgebaute Berme bei ihrer geringen Breite und Dicke durch eine tiefere Abspülung des Strandes ebenfalls gefährdet werden würde. Aber die Mauern auf Spiekeroog und Borkum sind trotz der noch tieferen Lage der Spundwand unterspült und stark beschädigt worden, und deshalb dürfte das Fehlen einer schützenden Vorlage am Fuß der oldenburgischen Mauer nicht ganz unbedenklich sein.

Es mögen hier noch einige kurze Mitteilungen Platz finden über den Entwurf zu einer Schutzmauer, die von dem Vorfasser im Jahre 1897 zum Schutz der Helgoländer Düne vorgeschlagen wurde, aber nicht zur Ausführung gekommen ist. Ihren Querschnitt zeigt die Abb. 15 Bl. 7. Im Vergleich mit den zuletzt besprochenen Mauern hat sie in der äußeren Form am meisten Ähnlichkeit mit der Mauer auf Borkum. Sie ist aber im oberen Teile steiler und nähert sich insofern mehr den Wangerooger Mauern; im unteren Teile ist die Muldenform, die auf Borkum in eine fünffacho

Böschung übergeht, bis zum Fuß der Mauer durchgeführt. Dadurch sollte bewirkt werden, daß die rücklaufende Welle am Fuß der Mauer wagerecht ausläuft und den Strand möglichst wenig angreift. In der Form des Kopfes gleicht der Entwurf für Helgoland den Wangerooger Mauern auch darin, daß der obere Teil etwas nach vorn überneigt, wodurch erzielt werden soll, daß die Wellen vollständiger zurückgeworfen werden. Diese Form ist schon von dem Erbauer der ersten Borkumer Mauer, Wasserbauinspektor Schramme, vorgeschlagen worden. Die kleine Abrundung am Kopf ist der jetzigen Borkumer Mauer nachgebildet, sie dürfte aber kaum einen Wert haben, besonders dann nicht, wenn der Kopf so hoch über der höchsten Flutwelle liegt, wie in diesem Entwurf und bei den Wangerooger Mauern. Auf Borkum ist die Abrundung vorgenommen worden, weil die zuerst ausgeführte scharfe Kante durch den Wellenstoß beschädigt worden war. Aber der Kopf ist auch nach der Abrundung und trotz der gleichzeitig vorgenommenen Erhöhung nicht unbeschädigt geblieben. Er war, als die Hinterpflasterung noch die Neigung 1 : 4 hatte (s. Abb. 2 Bl. 7), an mehreren Stellen nach außen übergewichen, nach Scheltens Meinung,[36]) weil das Pflaster einen erheblichen Seitenschub auf die Kämpferfuge A ausgeübt hatte; und nachdem das Pflaster in der punktiert angedeuteten Weise niedergelegt ist, bildet der Punkt A nach Scheltens Angabe immer noch eine etwas schwache Stelle, „weil der Stoß der auflaufenden Welle den Viertelkreis zu heben bestrebt ist". Ob diese Angaben über die Ursachen der entstandenen Schäden zutreffend sind, soll hier nicht näher untersucht werden; größere Berechtigung dürfte die Annahme haben, daß die eingetretenen Verschiebungen durch Frostwirkungen veranlaßt worden sind.[37]) Keinesfalls ist durch die an der Borkumer Mauer gemachten Erfahrungen erwiesen, daß der Kopf durch die Abrundung wesentlich haltbarer geworden ist.

---

36) Jahrg. 1896 der Zeitschrift für Bauwesen S. 266.

37) Franzius, Handbuch der Ing.-Wissenschaften, III. Band, 3. Aufl. S. 179.

Der Entwurf für die Mauer bei Helgoland unterscheidet sich von allen Uferschutzwerken auf den ostfriesischen Inseln darin, daß am Fuß der Mauer anstatt der Spund- oder Pfahlwand eine bis zu größerer Tiefe hinabgeführte Betonböschung vorgesehon ist. Die Spundwände auf Borkum und Spiekeroog sind 1,50 bis 2 m, die Pfahlwand auf Norderney ist 2,92 m tief, die für die Helgoländer Mauer vorgesehene Betonböschung hat eine lotrechte Tiefe von 1,70 m. Ohne schützende Vorlage würde sie eine Vertiefung des Strandes mindestens ebenso lange aushalten können, wie dio Spund- und Pfahlwände. Sie ist in der ersten Anlage nicht teuerer als die Holzwände und hat don Vorzug der größeren Dauerhaftigkeit. Als Beweis dafür, daß dieser Vorzug nicht ganz gering zu veranschlagen ist, kann angeführt werden, daß auf Norderney die eichene Pfahlwand einer in den Jahren 1883/84 erbauten Mauerstrecke schon im Jahre 1903 in ihrem oberen Teil vollständig verfault war. Zur größeren Sicherheit gegen Unterspülungen ist in dem Entwurf für Helgoland am Fuß der Mauer eine Vorlage von Faschinenpackwerk, aber ohne Steinbelastung, vorgesehen. Nach den auf den ostfriesischen Inseln gomachten Erfahrungen erscheint eine solche Vorlage als ein Gebot der Vorsicht. Nur die Steinbelastung wurde hier für entbehrlich gehalten, weil das Packwerk am Fuß der Betonböschung tief unter der gewöhnlichen Strandhöhe und unter Mittelhochwasser, also in einer nie austrocknenden Bodenschicht liegt, so daß ein Verfaulen des Holzwerks in absehbarer Zeit nicht zu befürchten ist.

Auf den ostfriesischen Inseln haben die Kosten für 1 Meter Länge der ausgeführten Schutzmauern mit Einschluß der Kosten für die nachträglich vorgenommenen Verstärkungen betragen: auf Norderney 494 bis 528 ℳ, auf Borkum rund 300 ℳ, auf Spiokoroog, unter Hinzurechnung der Kosten, die bei den Um- und Verstärkungsbauten für die Ausbesserung von Sturmschäden erwachsen sind, 796 ℳ, auf Wangeroog, Reichsstrecke 240 ℳ und auf Wangeroog, oldenburgische Strecke 146,50 ℳ.

Diese Kostenzusammenstellung gibt ebenso wie der Vergleich der Dünenschutzmauern hinsichtlich ihrer Höhenverhältnisse und ihrer Form, einen deutlichen Fingerzeig dafür, daß als Muster für künftige Bauausführungen die Mauern auf Borkum und Wangeroog denen auf Norderney und Spiekeroog weitaus vorzuziehen sind. Es kann aus den Gründen und Erwägungen, die bei der Besprechung der einzelnen Mauern kurz angedeutet sind, nur zur Frage kommen, ob nicht in den unteren Teilen der Mauern anstatt der Böschungen die im Mauerfuß wagerecht auslaufende Mulde und anstatt der den Mauerfuß begrenzenden Spundwand die in dem Entwurf der Schutzmauer für Helgoland vorgesehene Betonböschung zweckmäßiger zur Anwendung zu bringen ist.

Schutzwerke für die Helgoländer Felseninsel.

Bei den Untersuchungen über die an der Insel Helgoland in geschichtlicher Zeit vorgegangenen Veränderungen ist gezeigt worden, daß der Abbruch an der Südwest- und Nordostseite der Felseninsel zwar langsam, aber stetig fortschreitet und daß, wenn die Insel in ihrem gegenwärtigen Bestande erhalten werden soll, die Erbauung von Schutzwerken unerläßlich ist. Buhnen und Dünenschutzwerke, wie solche an den anderen deutschen Nordseeinseln gebaut werden, sind aber für die von Klippen umgebene Felseninsel selbstverständlich nicht angebracht. Deshalb soll die Frage, wie der Schutz an dieser Stelle am zweckmäßigsten herbeizuführen ist, hier in einem besonderen Abschnitt behandelt werden.

Schutzbauten für die Helgoländer Felseninsel wurden, soweit bekannt, zuerst vorgeschlagen in einem Bericht über technische Untersuchungen, die bald nach der Abtretung Helgolands an Preußen, in den Jahren 1893/94, von dem Regierungsbaumeister Römer auf der Insel und in deren Umgebung ausgeführt worden sind. Nach diesen Vorschlägen sollte die Nordwestspitze der Insel bis zum Flaggenberger Sattel (s. den Lageplan Abb. 24 Bl. 7) ungeschützt bleiben und der allmählichen Zerstörung preisgegeben werden, weil angenommen wurde, daß dieser schmale Teil der Insel im

Verhältnis zu den Kosten der zu seinem Schutz erforderlichen Bauten einen gar zu geringen Wert habe. Der übrige breitere Teil der Insel sollte an der Südwestseite durch eine nahe am Fuße des Felsens herzustellende und mit Felsstücken zu hinterfüllende Mauer geschützt werden. Den Querschnitt dieser Mauer zeigt die Text-Abb. 24. Zum Schutz der Nordostseite wurde vorgeschlagen: entweder eine bis an den oberen Rand der Felswand reichende Stützmauer von ungefähr 30 m Höhe; oder eine nur bis auf 3 m über das

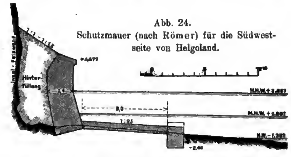


Abb. 24.
Schutzmauer (nach Römer) für die Südwestseite von Helgoland.

höchste Hochwasser hinaufgehende und in einem Abstande von ungefähr 15 m von dem Fuß der Felswand herzustellende Mauer zur Deckung des Fußes der Böschung, die, wie angenommen wurde, sich bei weiterer Verwitterung des Felsens allmählich herausbilden werde; oder endlich für einen Teil eine Futtermauer, wie an der Südwestseite, für den Rest eine an ihrer Vorderseite lotrechte Stützmauer, die bis auf 2 m über das höchste Hochwasser hinaufreichen und wagerecht hinterfüllt werden sollte. Die Kosten waren geschätzt:

für Mauern nach dem Querschnitt Text-Abb. 24: 1230 m an der Südwestseite
680 m an der Nordostseite
zus. 1910 m zu 3000 ℳ . . . 5 730 000 ℳ,

für eine bis auf 2 m über das höchste Hochwasser hinaufreichende Stützmauer an der Nordostseite 250 m zu 2000 ℳ . 500 000 „

zus. 6 230 000 ℳ.

Im Januar 1897 wurde dann von dem Verfasser dieser Schrift ein Entwurf nebst Kostenüberschlag über den Bau eines die ganze Felseninsel umfassenden Schutzwerkes aufgestellt (s. Abb. 20, 21 u. 24 Bl. 7). Zur Begründung der Notwendigkeit der Erhaltung der Insel in ihrer ganzen jetzigen Länge wurde angeführt, daß der Wert des nach dem Römerschen Vorschlage aufzugebenden schmalen Inselteiles nicht, oder wenigstens nicht allein nach den Erträgnissen der Bodenfläche und dem Wert der darauf errichteten Gebäude beurteilt werden dürfe. Viel höher sei der Wert zu veranschlagen, den diese nördliche Inselspitze für die Helgolander Düne hat, als Teil der durch die Felseninsel gebildeten natürlichen Schutzwand gegen die aus westlicher Richtung kommenden höchsten Sturmfluten. Die als Überrest der in Abb. 2 Bl. 5 dargestellten ehemaligen Landzunge jetzt noch vorhandene kleine Düneninsel habe sich seit vielen Jahrzehnten in ihrer Form ziemlich unverändert erhalten und abgesehen von den mehr oder minder beträchtlichen Zerstörungen an der hohen Düne, die durch ungewöhnlich hohe Sturmfluten herbeigeführt wurden, auch an Größe und Umfang nicht wesentlich abgenommen. Die Düneninsel in ihrer jetzigen Form und Ausdehnung sei demnach gewissermaßen als ein den gegenwärtigen Verhältnissen der auf sie einwirkenden Naturkräfte entsprechender Beharrungszustand anzusehen, der aber nur von so langer Dauer sein werde, als in diesen Verhältnissen keine wesentlichen Änderungen eintreten. Nach den umfangreichen Abbrüchen, die zu Anfang des 18. Jahrhunderts infolge der Zerstörung des Wittekliffs eingetreten sind, sei mit großer Wahrscheinlichkeit darauf zu rechnen, daß die Zerstörung des nördlichen Teiles der jetzigen Felseninsel sich sehr bald in einem verstärkten Strom- und Wellenangriff auf die Düneninsel fühlbar machen würde, und ob es dann selbst mit Aufwendung großer Mittel noch möglich sein würde, die Düne oder einen Teil davon zu erhalten, sei eine schwer zu beantwortende Frage. Jedenfalls seien die beim Witteklift gemachten Erfahrungen ein Fingerzeig, der sehr deutlich darauf hinweist, daß die Er-

haltung der Felseninsel in ihrer vollen gegenwärtigen Ausdehnung für die fernere Erhaltung der Düne von großer Wichtigkeit ist. Das in dem Entwurf vorgesehene Schutzwerk sollte demnach, wie der Lageplan Abb. 24 Bl. 7 zeigt, die im Abbruch liegende Südwest- und Nordostseite der Insel in ihrer ganzen Länge umfassen. Es besteht in einer in einem gewissen Abstand vom Fuße der Felswand zu errichtenden Mauer, die dazu dienen sollte, den Fuß des Felsens gegen den Angriff der Meereswellen zu schützen und die Fortspülung des von der Felswand abstürzenden Gesteins zu verhindern. Eine nach ihrer Lage und Bestimmung ähnliche Mauer war für einen Teil der Nordostseite auch schon von Römer vorgeschlagen worden. Der Abstand vom Fuße des Felsens ist notwendig, weil damit gerechnet werden muß, daß die Abbröckelnng der Felswand auch nach dem Bau der Mauer noch eine geraume Zeit andauern und ein Ruhezustand erst dann eintreten wird, wenn durch die abstürzenden und gegen Fortspülung gesicherten Massen eine Böschung sich herausgebildet hat, die widerstandsfähig genug ist, weitere Abbröckelungen oder Abrutschungen des verwitternden Gesteins zu verhüten. An der Ostseite der Insel, wo der Fuß des Felsens durch das Unterland gegen den Wellenangriff geschützt ist, hat die so entstandene Böschung an den Stellen, wo sie am wenigsten steil ist, eine Neigung von ungefähr 1 : 0,8, und es ist nach der Beschaffenheit und Lagerung des Gesteins anzunehmen, daß die Felswände an den beiden anderen Inselseiten sich jedenfalls nicht flacher abböschen werden. Die Schutzmauer muß demnach, wenn zwischen ihr und der Felswand für die durch das abbröckelnde Gestein nach und nach entstehende Böschung genügend Raum bleiben soll, wie in Text-Abb. 25 angedeutet ist, um ungefähr $^4/_{10}$ der Höhe der Felswand oder, zur größeren Sicherheit dafür, daß die Mauer durch abrutschende Fels- oder Bodenmassen nicht beschädigt wird, um ungefähr die Hälfte dieser Höhe gegen den Fuß der Wand zurücktreten. Vor

Abb. 25.

der etwa 50 m hohen Felswand an der Südwestseite der Insel ist daher der Abstand der geplanten Mauer auf rund 25 m, an der Nordostseite, wo die Wand nur ungefähr 30 m hoch ist, auf 15 m angenommen. Die Wand an der Südwestseite wird, wenn ihr Fuß gegen den Wellenangriff geschützt ist, sich infolge der Lagerung der Schichten vielleicht steiler abböschen, als an den beiden anderen Seiten der Insel, und die Schutzmauer würde deshalb hier vielleicht ohne Schaden näher an den Felsen herangerückt werden können. In dem Entwurf ist jedoch diese Möglichkeit unberücksichtigt geblieben, weil der Abstand aus dem oben angegebenen Grunde besser etwas zu groß als zu klein genommen wird. Der zwischen der Mauer und dem zunächst steilen, später abgeböschten Inselfels freibleibende Raum würde bei Hochfluten durch die über die Mauer schlagenden Wellenköpfe mit Wasser angefüllt werden und so ein Wasserbett bilden, durch welches der Fuß des Felsens wie der späteren Böschung gegen Ausspülungen geschützt würde. Zur Verhütung von Längsströmungen des in diesem Raum sich sammelnden Wassers würden in Abständen von etwa 100 zu 100 m kleine Querdämme herzustellen sein, aus Gesteinsmassen, die von dem Inselfelsen abbröckeln oder an einzelnen vorspringenden Stellen abgesprengt werden. Um nach dem Zurücktreten der Hochfluten den Abfluß des übergeschlagenen Wassers zu ermöglichen, sowie zur gewöhnlichen Abwässerung der von dem Schutzwerk eingeschlossenen Fläche, würde eine Anzahl kleiner Durchlässe in die Mauer einzulegen sein.

Welche Form, Höhe und Stärke die Schutzmauer erhalten sollte, zeigt die Abb. 21 Bl. 7.[38]) Ihr Hauptkörper erhebt sich annähernd bis zur Höhe des in den letzten 50 Jahren vorgekommenen höchsten Wasserstandes, die aufgesetzte Brustmauer liegt 1 m höher. Die mittlere Stärke der Mauer ist gleich ihrer Höhe, die Krone hat hinter der

38) Eine ganz ähnliche freistehende Mauer wird zum Schutz der ganzen Südwest- und Nordostseite der Insel auch empfohlen in dem Handbuch des Wasserbaues von Franzius und Sonne III. Abt., S. 165 (Ausgabe von 1901).

Brüstung noch eine Breite ven 2,50 m. Als Unterbau und zur Ausgleichung des unebenen und stellenweise zerklüfteten Felsbodens war eine Packung ven Betonsäcken gedacht, auf welche bis zur Höhe von 1,50 m über Mittelniedrigwasser regelrecht hergestellte Blöcke aus Klinkermauerwerk versetzt werden sollten. Unmittelbar nach dem Versetzen der Blöcke sollte dann der Raum zwischen ihnen bis zur gleichen Höhe mit Beton ausgefüllt werden. Diese Art der Ausführung war vorgesehen, weil der Baugrund meist in oder nur wenig über Mittelniedrigwasserhöhe liegt und deshalb an dem Aufbau des unteren Teils der Mauer in jeder Tide nur eine sehr kurze Zeit gearbeitet werden kann. Der ebenfalls als Tidearbeit zu beschaffende Aufbau des eberen Mauerteils, der in den Außenflächen aus Klinkermauerwerk und im inneren Kern ebenso, wie der untere Teil aus Stampfbeton hergestellt werden sollte, würde keine Schwierigkeit machen. Zur Erleichterung und Beschleunigung der Arbeitsausführung war, wie in Abb. 20 Bl. 7 angedeutet ist, ein fahrbares Baugerüst vergesehen, deren Schienenbahn auf kleinen in den Felsboden einzusetzenden Pfählen verlegt werden sollten. Die Länge der Schutzmauer würde nach dem Lageplan (Abb. 24 Bl. 7) 3250 m betragen. Die Ausführungskosten waren auf 4500000 ℳ veranschlagt.

Ein dritter Entwurf über die Anlage eines Schutzwerkes für die Felseninsel wurde im Jahre 1902 von dem derzeitigen Hafenbaudirektor Geheimen Marinebaurat Brennecke in Wilhelmshaven aufgestellt. Dieser ging ebenso wie der verbeschriebene ven dem Grundgedanken aus, den Schutz der beiden in Abbruch liegenden Felswände durch den Bau eines freistehenden Ringdammes herbeizuführen; aber nach ihm sollten die beiden Inselspitzen beim Nerd- und Südhorn ungeschützt bleiben, und an Stelle der Mauer sollte ein Damm nach dem in Abb. 23 Bl. 7 dargestellten Querschnitte errichtet werden. Der in seinem Hauptkörper aus Sand herzustellende Damm sollte eine Kronenhöhe von mindestens 2 m über dem höchsten Hochwasser und, wie die Querschnittzeichnung ersehen läßt, an der Seeseite eine nach Art der

Dünenschutzwerke herzustellende Mauer erhalten. Die Krone des Dammes sollte durch ein Klinkerpflaster, die innere Böschung durch Inselgestein abgedeckt, der zur Aufschüttung des Dammes erforderliche Sand durch Baggerung in der Nähe der Insel gewonnen werden.

Dieser Entwurf wurde später dahin abgeändert, daß von der Ausschließung der beiden Inselspitzen Abstand genommen und die Kronenhöhe des Dsmmes, wie in Abb. 23 Bl. 7 durch gestrichelte Linien angedeutet ist, um 0,81 m ermäßigt wurde. Es wurde anerkannt, daß es sich im voraus schwer übersehen lasse, welchc Schwierigkeiten der Verlust der beiden Inselspitzen für die künftige Erhaltung der Düne zur Folge haben werde, und deshalb die Erhaltung der Insel in ihrem ganzen jetzigen Umfange zu empfehlen sei. Hinsichtlich der Länge und Lage des Dsmmes stimmt demnach der so abgeänderte Entwurf mit der Darstellung in Abb. 24 Bl. 7 ungefähr überein; die nachträgliche Ermäßigung der Kronenhöhe ergab sich daraus, daß das höchste bekannte Hochwasser in dem ursprünglichen Entwurf um 0,81 m zu hoch angenommen wsr.

Die Ausführungskosten waren nach dem ursprünglichen Plan für 2710 m Dammlänge zu 3800000 ℳ veranschlagt.

Die vorstehend in ihren Hauptumrissen vorgeführten drei Entwürfe gehen übereinstimmend von der Annahme aus, daß die Erhaltung der Insel genügend gesichert ist, wenn nur die im Abbruch liegenden Felswände gegen den unmittelbaren Angriff der Meereswellen geschützt werden.

Wesentlich abweichend hiervon ist ein Vorschlag von Albert Conze in Berlin, abgedruckt in der Zeitschrift für praktische Geologie, Berlin 1904, Heft 8. Zur Begründung dieses Vorschlages wird nachzuweisen versucht, daß die Hauptursachen der Zerstörung sowohl an der südwestlichen als an der nordöstlichen Felswand weniger der Einwirkung des Meeres, als den Einflüssen der Witterung zuzuschreiben seien. Es wird darauf hingewiesen, daß man an der Südwestkante in dem zähen Tonboden, der die ganze Felsplatte der Insel bedeckt, zahlreiche Risse sehen könne, durch die

der Regen und das Schneewasser in den Felsen eindringen, diesen unter der Einwirkung von Hitze und Frost auseinandertreiben und derart zerstören, daß von Zeit zu Zeit größere oder kleinere Stücke sich ablösen und abstürzen. Zuweilen seien allerdings die abstürzenden Felsstücke schon unten am Strande von den Meereswellen unterspült. An der Nordostkante werde die Abbröckelung hauptsächlich durch das hier austretende Sickerwasser herbeigeführt. Der durch den Ackerboden in die durchlässigen Felsschichten eindringende Teil der atmosphärischen Niederschläge trete nach dem natürlichen Gefälle dieser Schichten an der Nordostkante aus und bewirke in Verbindung mit den Witterungseinflüssen eine langsame, aber unausgesetzte Abbröckelung an der Felswand. Hieraus wird dann der Schluß gezogen, daß Schutzwerke am Fuße der Felswand gegen die zerstörenden Einwirkungen des Meeres zwar unbedingt notwendig seien, daß aber die Insel nur dann gerettet werden könne, wenn es gelänge, die in das Innere eindringenden Tagewässer abzufangen und Abbröckelungen der Ackerkrume, namentlich an der Südwestkante zu verhindern. Zu diesem Zwecke wird vorgeschlagen:

1. die große Fläche des Ackerlandes, etwa 30 ha, zu drainieren, das Drainwasser in geeignete Behälter zu leiten und dort zum Verbrauche für die Inselbewohner aufzuspeichern;
2. den bebauten Teil des Oberlandes zu kanalisieren;
3. die Kanten der Felswände vor dem Abbröckeln zu schützen.

Der Schutz gegen das Abbröckeln der Kanten soll dadurch erreicht werden, daß alle Vorsprünge, namentlich an der Südwestseite, abgesprengt und die so begradeten Kanten mit einem 5 bis 6 cm breiten, in Zement gelegten Rand von Ziegelsteinen abgepflastert oder in gleicher Breite mit Eisenbeton abgedeckt werden. An der seeseitigen Kante dieser Pflasterung oder Betonabdeckung soll dann noch zum Schutz der Ackerkrume gegen Abspülen eine bis auf das feste Gestein hinabgehende 80 bis 100 cm breite Klinker-

mauer hergestellt werden. In betreff der Nordostkante wird bemerkt, daß dort vielleicht eine Abpflasterung entbehrlich sei und der Schutz der Kante schon durch die Legung eines Sammeldrains herbeigeführt werden könne. Die Kosten werden für die Drainage auf höchstens 12000 ℳ, für die Kanalisierung auf 75 bis 100000 ℳ, für die Kantenabdeckung auf 200 bis 250000 ℳ veranschlagt.

Noch einige andere Vorschläge über Maßnahmen zur Erhaltung der Felseninsel sind in den letzten Jahren hervorgetreten, sie sind aber so wenig ernst zu nehmen, daß es nicht angezeigt ist, an dieser Stelle näher darauf einzugehen.

Zu erwähnen sind nur noch einige Bauten, die zum Schutz einiger besonders gefährdeter Stellen der Insel in den Jahren 1903 und 1904 teils bereits ausgeführt, teils noch in der Ausführung begriffen sind. Eine bereits fertige Schutzmauer liegt bei dem sogenannten Spitzhorn, an der in Abb. 24 Bl. 7 mit *a b* bezeichneten Stelle. Sie wurde in der Absicht, über die beste und billigste Bauform Erfahrungen zu sammeln, nach drei verschiedenen Querschnitten (Abb. 16 bis 18 Bl. 7) gebaut, die sich der Hauptsache nach nur in der Form der seeseitigen Ansichtsfläche unterscheiden: die eine geradlinig und schwach geneigt von oben bis unten, die zweite mit einer Vorbiegung nach oben und die dritte mit einer Aushöhlung in ganzer Höhe. Die erste Form stimmt, wie man sieht, mit dem diesseitigen Entwurf zu der freistehenden Mauer (Abb. 21 Bl. 7), die dritte mit der Außenform des Brenneckeschen Dammes (Abb. 23 Bl. 7) ungefähr überein. In der Ausführung begriffen sind drei kurze Mauerstrecken vor den Einbuchtungen bei der „Groten Höll“, dem „Trichter“ und dem „Kasteal“, im Lageplan Abb. 24 Bl. 7 mit *c*, *d* und *e* bezeichnet. Die Querschnittsform dieser Mauern zeigt die Abb. 19 Bl. 7. Sie ist nach unten noch stärker ausgekehlt, als nach dem Vorschlage von Brennecke und nicht, wie die im Jahre 1903 ausgeführte Mauerstrecke in ganzer Höhe, sondern nur bis auf 1,20 m über Mittelhochwasser mit Granitquadern verblendet. Um

weitere Zerstörungen des Gesteins in den vielen Höhlen, die sich am Fuß der zerklüfteten Felswand gebildet haben, möglichst zu verhindern, sind einige von diesen Höhlen in den Jahren 1903 und 1904 durch Vermauerung ihrer Mündungen gegen das Eintreten der Meereswellen geschlossen worden.

Durch diese bereits ausgeführten und noch in der Ausführung begriffenen Arbeiten wird ohne Zweifel der Fuß des Felsens an den Stellen, die hinter den Schutzmauern liegen, für eine gewisse Zeitdauer geschützt werden, für die Erhaltung der ganzen Insel aber haben sie wenig Wert. Die den bezeichneten Einbuchtungen vorgebauten, zwischen vortretenden Felsspitzen eingespannten kurzen Mauerstrecken können selbstverständlich die weitere Verwitterung des Gesteins an den oberen Teilen der hohen Felswand nicht verhindern oder aufhalten, sie unterliegen daher der Gefahr durch herabstürzende Felsstücke beschädigt oder zerstört zu werden und werden zu ihrer Erhaltung sehr beträchtliche Kosten erfordern, ohne eine völlige Gewähr dafür zu bieten, daß die abgestürzten Felstrümmer zum Schutz des Fußes der Wand erhalten bleiben und nicht nach wie vor von den Meereswellen fortgespült werden. In letzterer Beziehung sind die Mauern zum Abschließen der Felsspalten und Höhlen ganz ohne Wert. Und auch für diese werden, wie schon die bisherigen Erfahrungen gezeigt haben, recht bedentende Unterhaltungskosten aufgewendet werden müssen.

Um eine Beurteilung darüber zu erleichtern, wie die vorherbeschriebenen Entwürfe über umfassendere Schutzbauten für die Felseninsel sich hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit, wie der voraussichtlichen Bau- und Unterhaltungskosten zueinander verhalten, ist hiorzu noch folgendes zu bemerken.

Die in Text-Abb. 24 dargestellte Schutzmauer nach dem Entwurfe von Römer würde wegen ihrer Lage nahe am Fuße der Felswand ebenso, wie die in den letzten Jahren bereits ausgeführten kurzen Mauerstrecken der Gefahr ausgesetzt sein, durch herabstürzendes Gestein zerstört zu



werden. Auch würden sie die Trümmer des beim Abstürzen über die Mauer hinwegrutschenden Gesteins nicht gegen das Fortschwemmen schützen können. Die Mauer würde daher für eine lange Reihe von Jahren zu ihrer Erhaltung große Kosten erfordern und eine völlige Sicherung der Felswand gegen weitere Abbrüche erst dann bewirken, wenn der über der Mauer liegende obere Teil der steilen Felswand sich durch allmähliche Verwitterung und Abbröckelung des Gesteins in eine Böschung verwandelt haben würde, die in sich genügend haltbar wäre, um den Einflüssen der Witterung und der über die Mauer schlagenden Spritzwellen widerstehen zu können. Daß die zur Erreichung dieses Zustandes erforderliche Zeit bei einer Mauer, die nahe am Fuße der Felswand erbaut wird, viel größer sein muß, als nach dem diesseitigen Entwurfe und dem Entwurfe von Brennecke, liegt auf der Hand. Wenn man annimmt, daß die Böschung, um haltbar zu sein, in allen Fällen dieselbe Neigung haben muß, so würde, wie die Text-Abb. 26 zeigt, zur Erzeugung dieser Böschung nach dem Entwurfe von Römer ein Dreieck in voller Höhe, nach den beiden anderen Entwürfen nur in halber Höhe des Felsens über der Mauerkrone verwittern und abrutschen müssen. Nach dem Entwurfe von Römer würde die abrutschende Gesteinsmasse, die bei Annahme eines Böschungsverhältnisses von 1 : 0,8 für die Südwestseite der Insel auf etwa 800 cbm für 1 m Felswandlänge zu veranschlagen ist, vollständig verloren gehen, wogegen nach den beiden anderen Entwürfen die aus dem kleineren Dreieck abrutschende Masse sich zwischen der Mauer und der Felswand als Teil der künftigen Böschung ablagern würde. Die Kosten für den Bau der Römerschen Mauer sind mit 3000 ℳ für 1 m Länge auskömmlich, vielleicht sogar reichlich hoch veranschlagt.

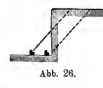


Abb. 26.

Der Entwurf von Brennecke stimmt, wie bereits erwähnt wurde, hinsichtlich der Lage und Länge des vorgesehenen Schutzdammes mit dem diesseits aufgestellten

Entwurfe ganz annähernd überein. Nach beiden soll ein die ganze Südwest- und Nordostseite der Felseninsel umfassender Damm in solchem Abstande von der Felswand hergestellt werden, daß das in der Folge noch abstürzende Gestein sich in dem Raum zwischen dem Damme und der Felswand, geschützt gegen den Angriff der Meereswellen, ablagern kann. Die beiden Entwürfe unterscheiden sich aber, wie die Abb. 21 und 23 Bl. 7 zeigen, sehr wesentlich sowohl in den Querschnittsformen, wie in der Art der Ausführung. Nach dem diesseitigen Entwurf besteht der Damm ganz aus Mauerwerk, die Ansichtsflächen sind an beiden Seiten geradlinig, an der Seeseite schwach geneigt, an der Inselseite lotrecht. Der innere Kern soll aus Beton, die äußere Verblendung und die Brustwehr aus bestem Klinkermauerwerk hergestellt werden. Für die Abdeckung der Brustwehr und der inneren Mauerkante sind Werksteine von Granit vorgesehen. Nach dem Entwurf von Brennecke soll der Damm nur in seinem äußeren seeseitigen Teil aus Mauerwerk, im übrigen aus Sand bestehen. Die Mauer ist an der Seeseite ausgehöhlt, für ihren äußeren Teil ist Beton, im übrigen Bruchsteinmauerwerk aus Inselgestein in Aussicht genommen. Der an die Mauer sich anschließende Sanddeich mit $1^1/_2$ facher innerer Böschung soll in der Krone mit Klinkern, an der Böschung mit Inselgestein abgedeckt werden. Die beiden Entwürfe unterscheiden sich außerdem noch in der Höhe. Die Krone der Brustwehr der diesseits vorgeschlagenen Mauer liegt um 0,81 m, die des Brenneckeschen Dammes um 2 m über dem höchsten bekannten Hochwasser. Diese größere Höhe würde in Verbindung mit der oberen Aushöhlung der Mauer ohne Zweifel die Folge haben, daß bei hohen Sturmfluten weniger Wasser überschlagen würde, als nach dem diesseitigen Entwurfe. Aber für den Zweck des Schutzwerkes ist das ohne Wert. Denn durch die größere Menge des überschlagenden Wassers würde weder die Mauer beschädigt, noch die weit zurückliegende Felswand oder die vor der Felswand später entstehende Böschung angegriffen werden können. Felswand

und Böschung würden durch das bei der Begründung des Entwurfes schon erwähnte Wasserbett geschützt werden und daß die Mauer selbst das Überschlagen der Wellen würde aushalten können, ist durch zahlreiche, in ähnlicher Form und Höhe ausgeführte Molen und Wellenbrecher hinlänglich erwiesen.

Um einen Vergleich der beiden Entwürfe hinsichtlich der Schwierigkeiten und Kosten der Bauausführung wie der künftigen Unterhaltung anstellen zu können, müssen alle die Erschwernisse in Betracht gezogen werden, die sich aus der dem Angriff der Meereswellen in so hohem Grade ausgesetzten Lage der Baustelle ergeben. Die Bauausführung wird besonders dadurch sehr erschwert, daß der für die Errichtung des Dammes zu benutzende Baugrund aus einem Felsenriff besteht, dessen Oberfläche ungefähr in der Höhe des gewöhnlichen Niedrigwassers liegt, daß unter diesen Umständen die Anlage eines schützenden Fangedammes ausgeschlossen ist und der ganze untere Teil des Baues bis zur Höhe des gewöhnlichen Hochwassers in Tidearbeit ausgeführt werden muß. Diese Verhältnisse weisen auf die Notwendigkeit hin, für den unteren Teil des Dammes eine Bauweise zu wählen, die es ermöglicht, in kürzester Zeit eine größere Höhe zu gewinnen und Baustoffe zu verwenden, die eine Gewähr dafür bieten, daß sie gleich nach ihrem Einbau eine Überschwemmung durch Meerwasser und einen mäßigen Wellenschlag ohne Schaden aushalten können. Daß und in welcher Weise diesen Erfordernissen in dem diesseits aufgestellten Entwurfe Rechnung getragen wurde, ist bei der Beschreibung des Querschnitts nnd der Art der Ausführung der Mauer bereits dargelegt werden. Bei der Aufstellung des Brenneckeschen Entwurfs scheinen die aus der Lage der Baustelle sich ergebenden Schwierigkeiten weniger Beachtung gefunden zu haben. Jedenfalls muß nach der Beschaffenheit der Baustoffe, die nach diesem Entwurfe zur Verwendung kommen sollen, für die Bauausführung auf große Verluste gerechnet werden, und in betreff der an der Seeseite vorgesehenen Betonschale der Mauer erscheint es sogar recht

zweifelhaft, ob es unter den hier obwaltenden Verhältnissen überhaupt möglich ist, sie in Tidearbeit haltbar herzustellen. In den vorhin erwähnten kurzen Mauerstrecken, die an der südwestlichen Felswand bereits ausgeführt sind (Abb. 16, 17 u. 18 Bl. 7), ist für die äußere Mauerfläche überall Granit verwandt worden, also ebenso wie nach dem diesseitigen Entwurfe ein sehr widerstandsfähiges Gestein. Obgleich das Riff hier schon etwas höher liegt, als in der Linie des vorgeschlagenen Ringdammes, ist von einem Versuch, die äußere Wandverkleidung in Beton auszuführen, Abstand genommen worden.

Die Baukosten sind für den diesseits aufgestellten Entwurf auf 4 500 000 ℳ veranschlagt, sie stellen sich nach dem abgeänderten Entwurf von Brennecke — Dammlänge 3250 m, Querschnitt wie in Abb. 23 Bl. 7 durch gestrichelte Linien angegeben — auf rund 4 100 000 ℳ. Aber die beiden Anschläge enthalten sehr ungleiche Preisansätze. Nach den Brenneckeschen Ansätzen ermäßigen sich die Kosten für den diesseitigen Entwurf auf rund 3 150 000 ℳ. Die Gesamtbaukosten würden demnach für den Entwurf von Brennecke keinesfalls niedriger ausfallen als nach den diesseitigen Vorschlägen, wahrscheinlich sogar beträchtlich höher. Und dasselbe gilt von den Unterhaltungskosten, denn es kann wohl einem Zweifel nicht unterliegen, daß die mit Klinkermauerwerk ummantelte und zum Teil mit Granit abgedeckte Mauer den Wellenangriff besser aushalten kann und deshalb weniger Unterhaltungskosten erfordert, als der mit minder haltbaren Stoffen umkleidete Deich.

Die Mauer hat im Vergleich mit dem Deiche endlich noch den Vorzug, daß ihre 2,50 m breite und an der Seeseite durch eine Brustmauer geschützte Krone als Fußweg dienen könnte, der von den vielen Besuchern Helgolands zur Besichtigung der malerischen Inselformen gewiß gern benutzt werden würde. Dieser Fußweg könnte, wenn man für seine Benutzung eine kleine Abgabe erheben wollte, zugleich als Einnahmequelle zur Deckung der Unterhaltungskosten der Mauer verwertet werden. Die ganz freiliegende,



nach beiden Seiten abschüssige Deichkrone würde zur Benutzung als Fußweg weniger geeignet sein.

Die Vorschläge von Conze gehen von der Ansicht aus, daß Schutzwerke gegen die Angriffe der Meereswellen zwar notwendig seien, daß sie aber für sich allein zur Erhaltung der Insel nicht genügen. Die Felswand müsse außerdem auch gegen die zerstörenden Einwirkungen der Witterung und der in den Boden eindringenden Tagewässer geschützt werden; zu diesem Zwecke wird vorgeschlagen, den Ackerboden auf der Inselplatte zu drainieren, die bebauten Grundstücke zu kanalisieren und einen Randstreifen abzupflastern oder mit Beton abzudecken. Um über das, was mit diesen Arbeiten für den Inselschutz erreicht werden könnte, eine klare Anschauung zu gewinnen, muß man sich ein Bild davon zu machen suchen, wie die durch eine freistehende Ringmauer gegen den Wellenangriff ausreichend geschützte Felswand sich gestalten würde, wenn die vorgeschlagenen Arbeiten ausgeführt werden und wenn sie nicht ausgeführt werden. In dem Falle, wenn sie nicht zur Ausführung kommen, wird, wie früher dargelegt worden ist, die jetzt steile Felswand sich durch langsam fortschreitende Verwitterung und Abbröckelung allmählich in eine Böschung verwandeln mit einer Neigung von höchstens etwa 1 : 0,8. Da das oben abbröckelnde Gestein sich unten ablagern und so den unteren Teil der künftigen Böschung bilden wird, so wird die Oberkante dieser Böschung gegen die jetzige Felskante um höchstens vier Zehntel der Höhe der Felswand zurücktreten, das will sagen, an der Südwestseite der Insel mit der im Mittel etwa 50 m hohen Felswand um höchstens 20 m, an der Nordostseite, wo die Felswand niedriger ist, um höchstens 12 bis 16 m Diese Berechnung hat zur Voraussetzung, daß die Felswand gegenwärtig ganz lotrecht abfällt. In Wirklichkeit ist sie aber auch jetzt etwas geneigt, das Zurücktreten der oberen Böschungskante gegen die jetzige Felskante wird daher noch etwas geringer ausfallen, als oben angegeben ist. Ganz aufhören wird die Verwitterung und Abbröckelung der den Witterungseinflüssen ausgesetzt bleiben-

den Felswand auch dann nicht, wenn die Conzeschen Vorschläge zur Ausführung gebracht sind; sie wird nur, weil in dem Falle eine der Ursachen der Verwitterung beseitigt ist, etwas langsamer vor sich gehen. Mit jedem weiteren Absturz eines größeren Felsstückes wird dann aber zugleich ein Teil der Kantenabdeckung zerstört werden, und es wird also darauf gerechnet werden müssen, daß die Erhaltung dieser Abdeckung von Zeit zu Zeit beträchtliche Kosten verursachen wird. Da entsteht nun die Frage: ist die durch die vorgeschlagenen Mittel herbeizuführende Verzögerung in der Abbröckelung der Felswand, oder mit anderen Worten, die Hinausschiebung des Zeitpunktes, wo die Felswand sich in eine gegen weitere Abrutschungen sichernde Böschung verwandelt haben wird, so wertvoll, daß es gerechtfertigt erscheint, dafür etwa 300000 ℳ an Baukosten und die nicht unbedeutenden Unterhaltungskosten aufzuwenden?

Der Uferstreifen, um den es sich dabei handelt, ist rund 3000 m lang und hat bei der berechneten größten Breite von 12 bis 20 m einen Flächeninhalt von höchstens 5 ha. Bebaut ist nur ein kleiner Teil davon, an der Nordostecke der Insel, wo zur Sicherung der Felswand schon eine hohe Futtermauer vorgebaut worden ist; im übrigen wird die Fläche, soweit sie begrünt ist, größtenteils zur Schafweide benutzt, hat also keinen sehr hohen Ertragswert. Sie geht auch durch die Abbröckelung und allmähliche Umwandlung in eine Böschung nicht für die Insel verloren, sondern bleibt, wenn auch in anderer Form, so doch in ihrer vollen Ausdehnung erhalten. Die Verlängerung der Böschung nach unten, die durch das abbröckelnde Gestein gebildet wird, schiebt sich sogar ungefähr ebenso weit über den Fuß der Felswand vor, wie die Oberkante der Böschung gegen die jetzige obere Felskante zurücktritt. Ob diese Umwandlung sich etwas rascher oder langsamer vollzieht, ist offenbar von wenig Belang. Eine sehr geraume Zeit wird auch dann darüber vergehen, wenn außer dem Bau eines Schutzdammes gegen den Wellenschlag nichts geschieht, um die Abbröckelung zu verzögern; denn wie die früher er-

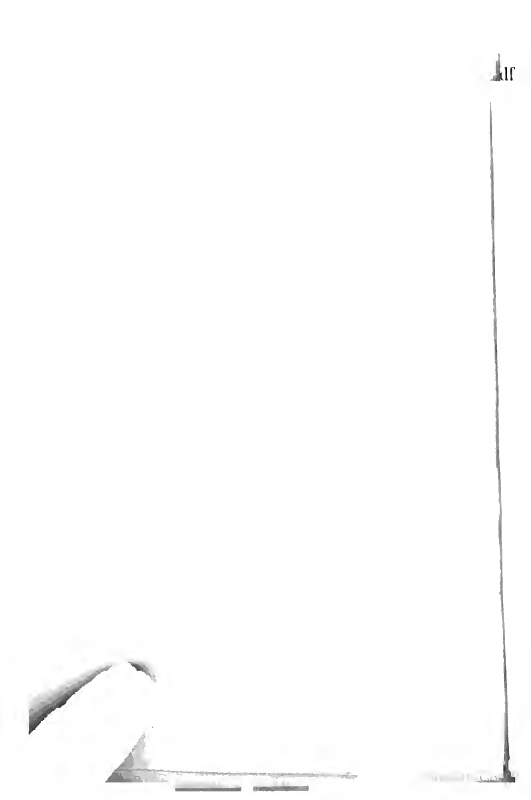
wähnten Messungen gezeigt haben, hat der Abbruch eines Uferstreifens von rund 20 m Breite an der Südwestseite und von rund 12 m an der Nordostseite schon unter den bisherigen Verhältnissen ein volles Jahrhundert erfordert, es wird also weit mehr als ein Jahrhundert darüber vergehen, wenn der Fuß des Felsens gegen den Wellenangriff geschützt und damit eine der Hauptursachen des Abbruches beseitigt ist. Bei einer so langsam sich vollziehenden Umgestaltung des an sich wenig wertvollen Uferstreifens ist von Anlagen, die lediglich den Zweck haben, diese Umgestaltung noch mehr zu verzögern, ein greifbarer, den hohen Bau- und Unterhaltungskosten einigermaßen entsprechender Nutzen nicht zu erwarten. Deshalb kann ihre Ausführung nicht empfohlen werden.

Das Ergebnis der vorstehenden, die Felseninsel Helgoland betreffenden Untersuchungen läßt sich in kurzen Worten dahin zusammenfassen:

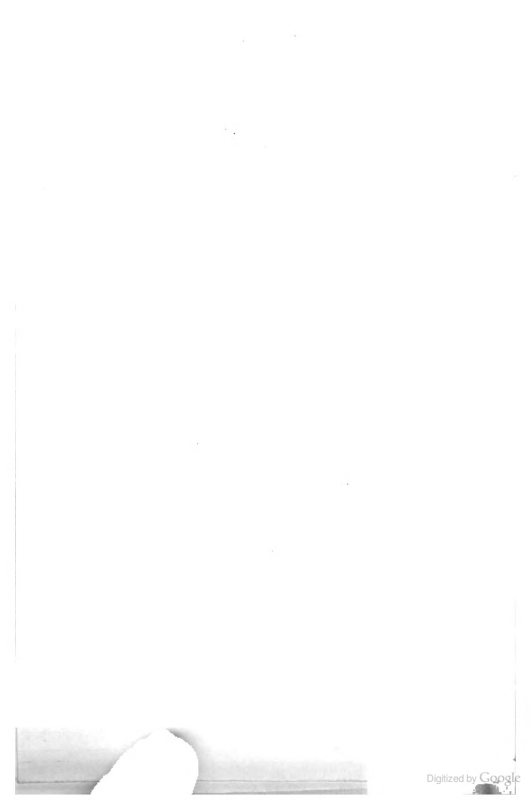
Der Schutz der Insel ist am zweckmäßigsten und billigsten durch eine die ganze Südwest- und Nordostseite umfassende Mauer herbeizuführen, die in solchem Abstande von dem Fuß des Felsens zu errichten ist, daß das von der Felswand abstürzende Gestein sich zwischen der Wand und der Mauer in Form einer Böschung ablagern kann. Eine solche Mauer macht weitere Schutzbauten entbehrlich. Die bereits ausgeführten und noch in der Ausführung begriffenen kurzen Mauerstrecken haben für die Erhaltung der Insel wenig Wert, sind überdies sowohl im Bau wie in der Unterhaltung sehr teuer. Von den von Couze vorgeschlagenen Arbeiten ist ein den Kosten entsprechender Nutzen nicht zu erwarten.

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.

/nesischen Inseln.



dfriesische



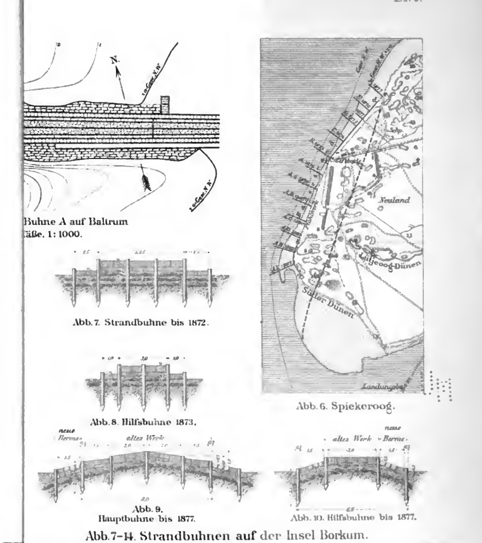
ORD-
HAFEN
Kalbertan
Die Wassertiefen sind auf N.W. Springzeit reduziert
N.
Das Witteklifr
Steinwall (1649)
Unterland
DÜNE
Niedrigwassergrenze
SÜD-
Südhorn
HAFEN
Aade-
Brunnen
4-1896
7.
1: 22500.
Umrisse der Felseninsel und des Witteklifs nach Meyers Karte von 1649

eninsel bei Helgoland.
1: 15000.

Abb. 8.
Lageplan der in den Jahren 1896-1900 erbauten Buhnen.

N.





Buhne A auf Baltrum
äße. 1: 1000.

Abb. 6. Spiekeroog.

Abb. 7. Strandbuhne bis 1872.

Abb. 8. Hilfsbuhne 1873.

Abb. 9. Hauptbuhne bis 1877.

Abb. 10. Hilfsbuhne bis 1877.

Abb. 7–14. Strandbuhnen auf der Insel Borkum.



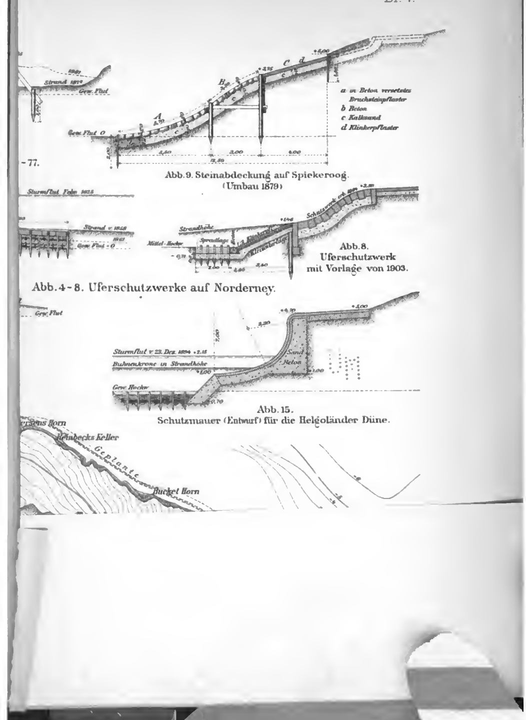


Abb. 9. Steinabdeckung auf Spiekeroog. (Umbau 1879)

Abb. 8. Uferschutzwerk mit Vorlage von 1903.

Abb. 4-8. Uferschutzwerke auf Norderney.

Abb. 15. Schutzmauer (Entwurf) für die Helgoländer Düne.